7/D 31

24 MAR 1931 INSTITUT

DIE

ZERSETZUNGSERSCHEINUNGEN DES HOLZES

DER

NADELHOLZBÄUME UND DER EICHE

IN

FORSTLICHER BOTANISCHER UND CHEMISCHER RICHTUNG

BEARBEITET

VON

Dr. ROBERT HARTIG

PROFESSOR DER BOTANIK AN DER KÖNIGLICH PREUSSISCHEN FORSTAKADEMIE ZU EBERSWALDE.

Inv. No. 1419

MIT 21 LITHOGRAPHIRTEN TAFELN IN FARBENDRUCK.

BERLIN.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER.

1878.

Geo. R.º 203.

IMPERIAL [illegible]
24 MAR. 1931
INSTITUTE

DIE

ZERSETZUNGSERSCHEINUNGEN DES HOLZES

DER

NADELHOLZBÄUME UND DER EICHE

IN

FORSTLICHER BOTANISCHER UND CHEMISCHER RICHTUNG

BEARBEITET

VON

Dr. ROBERT HARTIG

PROFESSOR DER BOTANIK AN DER KÖNIGLICH PREUSSISCHEN
FORSTAKADEMIE ZU EBERSWALDE.

MIT 21 LITHOGRAPHIRTEN TAFELN IN FARBENDRUCK.

BERLIN.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER.

1878.

SEINEM

VATER UND LEHRER

Dr. THEODOR HARTIG

HERZOGL. BRAUNSCHWEIGISCHEM OBERFORSTRATHE UND PROFESSOR A. D.

GEWIDMET

VOM

VERFASSER.

VORWORT.

Die Erforschung der verschiedenartigen Zersetzungserscheinungen des Holzes ist bisher in einer kaum zu rechtfertigenden Weise vernachlässigt worden, und macht das in unseren anerkanntesten forstlichen, botanischen und chemischen Lehrbüchern hierüber Gesagte einen höchst unbefriedigenden Eindruck. Es ist dies um so mehr zu beklagen, als nicht allein in der Wissenschaft eine recht empfindliche Lücke auszufüllen ist, sondern auch für das praktische Leben aus der Unkenntniss dieser Processe zahllose Schäden erwachsen. Ich brauche nur daran zu erinnern, dass man über die Vorgänge, durch welche das Holzwerk der Häuser, der Schiffe, wie überhaupt aller Bauwerke früher oder später zerstört wird, so gut wie nichts weiss, dass kaum der so allgemein bekannte und gefährliche Process, der durch den Hausschwamm (Merulius lacrymans) hervorgerufen wird, bisher eine befriedigende Bearbeitung gefunden hat. Wie soll es aber möglich sein, sich gegen jene verderblichen Zerstörungen zu schützen, wenn wir nicht einmal eine annähernd richtige Vorstellung von dem Charakter derselben und ihren Ursachen besitzen.

Schlimmer noch steht es um die Kenntniss der an den lebenden Bäumen auftretenden Zersetzungserscheinungen, da man über deren Ursachen und Verlauf bis vor kurzer Zeit nichts gewusst hat. Nach der Färbung des kranken Holzes unterscheidet man in der Praxis Rothfäule und Weissfäule, Fliegenäste, Federäste, Rebhuhnholz u. s. w. Nach dem Orte, wo die Zersetzung zunächst und in grösserem Umfange auftritt, wird sie Ast-, Splint-, Kern-, Stock-, Wurzelfäule, auch Ringschäle, Mondringigkeit genannt. Die Entstehung jener Processe suchte man aus ungünstigen Standortsverhältnissen, aus klimatischen Einflüssen, aus Altersschwäche u. s. w. zu erklären, ohne hierfür irgend welche Beweisgründe anführen zu können. Erwägt man, ein wie bedeutender Theil der Holzproduction schon im Walde durch Zersetzungsprocesse verloren geht, so thut es in der That Noth, dieselben endlich einmal zu studiren und in Erwägung zu ziehen, ob uns nicht Mittel zu Gebote stehen, denselben mit Erfolg entgegenzutreten.

Die nachstehenden Arbeiten, die sich nur auf die an lebenden Nadelholzbäumen und lebenden Eichen auftretenden Zersetzungsprocesse beziehen und auch diese noch keineswegs erschöpfend behandeln, bitte ich als einen Versuch zu betrachten, auf diesem weiten und interessanten Gebiete Klarheit zu erringen.

Meine Berufung an die Universität München und die damit verbundene längere Unterbrechung meiner Arbeiten möge es entschuldigen, wenn ich mit der Veröffentlichung der Untersuchungen, soweit sie eben gediehen sind, vorgehe. Manche wichtige Frage hätte ich noch gerne zu beantworten gesucht, wäre nicht die Veröffentlichung der Arbeiten dadurch vielleicht um Jahre hinausgeschoben. Ich bin darauf gefasst, dass man mir von der einen oder anderen Seite einen Vorwurf daraus machen wird, dass ich nicht so lange gewartet habe, bis ich in Bezug auf alle in Angriff genommenen Arbeiten zum vollständigen Abschlusse gelangt bin, bitte aber, mich damit entschuldigen zu wollen, dass auf einem neuen, so viele

Wissenszweige berührenden Gebiete die erste Bearbeitung immer nur die Vorstufe zur nächsten gründlicheren Bearbeitung bilden kann.

Auf Vorarbeiten anderer Forscher brauchte ich zum Glück nur geringe Rücksicht zu nehmen, da solche fast vollständig fehlten. So weit solche vorhanden waren, ist ihnen auch die gebührende Berücksichtigung zu Theil geworden. Dass ich auf die sehr reichhaltige forstliche Literatur über die Rothfäule der Fichte und die Eichenästung keine Rücksicht genommen habe, wird mir von sachverständiger Seite nicht zum Vorwurf gemacht werden.

Wenn es möglich war, die von mir gezeichneten und colorirten Tafeln in einer entsprechenden Weise zu vervielfältigen, ohne den Preis des Werkes allzu sehr zu vertheuern, so habe ich dies dem gütigen Wohlwollen Sr. Excellenz des Herrn Oberlandforstmeisters und Wirkl. Geheimen Rathes von Hagen zu verdanken und drängt es mich, an dieser Stelle hierfür meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Ich fühle mich aber auch verpflichtet, meinen aufrichtigen Dank denjenigen Herren Forstbeamten auszusprechen, die mich durch Zusendung interessanter Zersetzungszustände des Holzes unterstützt haben, insbesondere dem Herrn Förster Nerrlich zu Ullersdorf und Revierförster Hochhäusler zu Mönchswald in Schlesien. Zum grössten Danke bin ich endlich den Herren Chemiker Schütze und Dr. Daube hierselbst verpflichtet, die beide mit gleicher Bereitwilligkeit in den hiesigen Laboratorien die mühevollen Elementaranalysen, die Untersuchungen des specifischen Gewichtes und der Löslichkeit der Hölzer zur Ausführung gebracht haben.

Der schnellen Orientirung über den Inhalt der Arbeiten wird einerseits die Einleitung, andererseits der jedem Abschnitte beigefügte Rückblick auf die Ergebnisse der Untersuchungen dienen.

Eberswalde, im Juni 1878.

R. HARTIG.

INHALTS-VERZEICHNISS.

Einleitung.

Seite

Die zur Zeit bestehenden Ansichten über die Zersetzungsprocesse des Holzes 1

I. Abschnitt.

Die Zersetzungsprocesse des Holzes der Nadelholzbäume.

Allgemeines über den Bau des Nadelholzes 9
Trametes radiciperda m. Taf. I—IV 14
Trametes Pini Fr. Taf. V—VI 32
Polyporus fulvus Scop. Taf. VII 40
Polyporus vaporarius Fr. Taf. VIII 45
Polyporus mollis Fr. Taf. IX 49
Polyporus borealis Fr. Taf. X 54
Agaricus melleus L. Taf. XI, Fig. 1—5 59
Die Wundfäule Taf. XI, Fig. 6—9 63
1. Trockenästung 67
2. Grünästung ausser der Saftzeit 69
3. Grünästung zur Saftzeit 69
4. Gipfelbruch 69
5. Zwillingsstämme der Fichte 70
6. Schälwunden durch Rothwild 70
7. Schälwunden in Folge des Holzrückens 72
8. Baumschlag und Anprällen 72
9. Verwundungen durch Harznutzung 73
10. Die Verwundungen der Wurzeln 73
Die Wurzelfäule 75
Rückblick auf die Ergebnisse der vorstehenden Untersuchungen 82

II. Abschnitt.

Die Zersetzungsprocesse des Eichenholzes.

Allgemeines über den Bau des Eichenholzes 92
Hydnum diversidens Fr. Taf. XII 97
Telephora Perdix m. Taf. XIII 103
Polyporus sulphureus Fr. Taf. XIV 109
Polyporus igniarius Fr. Taf. XV und XVI 114
Combination von Polyporus igniarius und Polyporus dryadeus Taf. XV Fig. 4, Taf. XVI Fig. 6 120
Polyporus dryadeus Fr. Taf. XVII 124
Stereum hirsutum Fr. Taf. XVIII 129
Zur Eichenästung Taf. XIX—XXI 133
Rückblick auf die Ergebnisse der vorstehenden Untersuchungen 146

EINLEITUNG.

DIE ZUR ZEIT BESTEHENDEN ANSICHTEN ÜBER DIE ZERSETZUNGS-PROCESSE DES HOLZES.

Bevor ich zur Mittheilung der eigenen Arbeiten übergehe, schicke ich einen Ueberblick über dasjenige voraus, was in Wissenschaft und Praxis bisher über das Wesen der Zersetzungserscheinungen des Holzes bekannt war oder für richtig angenommen wurde.

In der forstlichen Praxis bezeichnet man in der Regel alle Zersetzungserscheinungen des Holzes mit dem Ausdruck „Fäulniss" und unterscheidet die verschiedenen Arten derselben entweder nach der bei der Zersetzung auftretenden Färbung des Holzes oder nach dem Orte, wo sich dieselbe zuerst und vorzüglich entwickelt.

Von dem ersten Gesichtspunkte aus unterscheidet man: Rothfäule, Weissfäule, Grünfäule, Rebhuhn (oder Rehbund), gelb- und weisspfeifiges Holz, auch Fliegenast, Federast. Nach dem Orte des Auftretens der Zersetzung wird unterschieden: Wurzelfäule, Stockfäule, Astfäule, Kernfäule (auch Stammfäule), Splintfäule, Mondringe, Ring- oder Kernschäle.

Rothfäule ist die Collectivbezeichnung für alle Zersetzungserscheinungen des Holzes der Laub- und Nadelholzbäume, durch welche dem Holze eine braune Farbe, sei sie roth-, gelb- oder schwarzbraun, verliehen wird. Wir werden nachfolgend eine ganze Reihe von Krankheitsprocessen des Nadelholzes und der Eiche kennen lernen, die demnach als Rothfäule zu bezeichnen sind.

Untersuchungen über die Rothfäule liegen zunächst von Th. Hartig*) vor. Derselbe weist zum ersten Male nach, dass bei den Fäulnissprocessen des Holzes Pilze eine hervorragende Rolle spielen, glaubte aber, dass die im Bauminneren auftretenden Pilzfäden aus der zerfallenden Holzfaser entstehen und nannte sie desshalb Nachtfasern, Nyctomyces. Nach ihm tragen diese Pilze durch ihre Vegetation zur schnellen Verbreitung der Fäulniss im Holze wesentlich bei, jedoch soll die erste Veranlassung zur Entstehung der Pilze in hohem Alter des Baumtheiles oder in Functionslosigkeit, hervorgerufen durch äussere Ursachen, begründet sein.

Demnächst war es Schacht**), welcher einige Untersuchungen an rothfaulem Eichenholze und an weissfaulem Rosskastanienholze ausführte. Das rothfaule Eichenholz zeigte 1—2 Linien breite, schneeweisse

*) Abhandlung über die Verwandlung der polycotyledonischen Pflanzenzelle in Pilz- und Schwammgebilde und die daraus hervorgehende sogenannte „Fäulniss des Holzes". Berlin 1833.

**) Pringsheim's Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik Bd. III.

Mycelbänder, wodurch die Holzlagen von einander gesprengt (?) seien. (Siehe Tafel XIV Fig. 2.) Er fand in den Organen Mycel, die Wandungen sehr schwach und braun gefärbt. Zu weiteren Resultaten gelangte er nicht, insbesondere beobachtete er keine Fructificationen des Pilzmycels und vermochte somit letzteres nicht zu bestimmen.

Auch Schacht ist der Ansicht, dass Roth- und Weissfäule nur Zersetzungsweisen des bereits abgestorbenen Holzes seien. Er meint, dass die Rothfäule nur ein weiteres Stadium der sogenannten Kernfäule, d. h. des Absterbens und Faulwerdens der Stämme von innen her sei, während die Weissfäule mehr als Folge äusserer Verletzungen erscheine. Die Zersetzungsproducte der letzteren seien, wahrscheinlich schon wegen des directen Einflusses von Licht und Atmosphäre, etwas anderer Art, als bei der Rothfäule.

Hieran schliesst sich die Bearbeitung der Rothfäule durch M. Willkomm*). In seiner Abhandlung „Zur Kenntniss der Roth- und Weissfäule" erklärt der Verfasser gleich anfänglich, dass seine Untersuchungen sich vorzugsweise auf die Rothfäule der Fichte beziehen und dass ihm nur einige Untersuchungen an rothfaulem Tannen- und Eichenholze anzustellen die Gelegenheit sich dargeboten habe, deren Ergebnisse aber als Bestätigung seiner Beobachtungen an der Fichte zu betrachten sein dürften. Ich erwähne dies vorzugsweise desshalb, weil sicherlich ganz gegen die Absicht Willkomm's die von ihm gewonnenen Resultate allgemein auf alle Roth- und Weissfäuleprocesse der Bäume übertragen worden sind. Offenbar unterschätzte Willkomm die Schwierigkeit der zu lösenden Aufgabe, sammelte nicht genügende Beobachtungen und Materialien im Walde, untersuchte nur wenige Holzstücke, die unglücklicherweise von ganz verschiedenen Krankheitsprocessen behaftet waren und konnte schon desshalb nicht zu einem befriedigenden Ergebnisse gelangen. Von grosser Bedeutung sind die Arbeiten Willkomm's dessenungeachtet gewesen, und ist ihm nicht das Verdienst abzuläugnen, das Interesse und Verständniss für die hervorragende Rolle, welche die Pilze in den Waldungen spielen, in erfolgreicher Weise auch unter den Forstleuten angeregt zu haben. Nachfolgend gebe ich in kurzen Zügen das Wesentliche aus den Mittheilungen Willkomm's.

Die Rothfäule entsteht durch die Einwirkung eines parasitischen Fadenpilzes, welcher Xenodochus ligniperda benannt wurde. Die Sporen dieses Pilzes gelangen auf noch nicht erkannte Weise in das Innere der Bäume, keimen daselbst, und erzeugen ein nicht oder nur ausnahmsweise septirtes Mycelium, welches sowohl intercellular vegetirt, als auch zwischen den Zellen wächst, die Wandungen der Zellen durchbohrend, aus einander drängend, chemisch verändernd und auflösend. Früher oder später entstehen an den Hyphen kettenförmig aneinander gereihte Sporangien, die unter gewissen, nicht näher bezeichneten Umständen anschwellen, sich häuten und dann in ihrem Inneren zahlreiche Keimkörner erkennen lassen (Keimkörnerkugel). Letztere treten aus der Kugel hervor und entlassen ihrerseits ihren Inhalt in Gestalt äusserst kleiner Schwärmsporen. Diese schwärmen einige Zeit umher, kommen dann zur Ruhe, nachdem sie zuvor sich reihenweise angeordnet haben und verwachsen nun untereinander zu farblosen Hyphen, die Willkomm für identisch hält mit der weissen Nachtfaser, Nyctomyces candidus Th. Hrtg. Aus dieser zweiten Form des Rothfäuleschimmels entsteht später direct das blau gefärbte Mycel der dritten Form des Parasiten, die als blauer Schnabelpilz, Rhynchomyces violaceus bezeichnet wird. In den Sporangien dieser Form sollen diejenigen Sporen sich bilden, aus deren Keimung die erste Form des Parasiten hervorgeht. In wie weit ich in der Lage bin, diese Willkomm'schen Mittheilungen bestätigen zu können, wird sich aus den nachfolgenden eigenen Arbeiten ergeben. Nachdem ich, angeregt durch die vorstehend angedeuteten Untersuchungen, mich davon überzeugt hatte, dass die Fäulnissprocesse im Inneren der Waldbäume sehr verschiedener Art seien, unterwarf ich die als Ring- oder Rindschäle, auch Rothfäule in den Kiefernbeständen allgemein verbreitete Form der Zersetzung des Kiefernholzes einer sorgfältigeren Untersuchung, und veröffentlichte die Ergebnisse derselben im Jahre 1874 in meiner Schrift „Wichtige Krankheiten der Waldbäume". Die Darstellung des Entwicklungsganges des Parasiten Trametes Pini, dessen Einwirkung auf den Holzkörper ist seitdem von mir noch weiter studirt worden und habe ich die Ergebnisse meiner Arbeiten in einem besonderen Artikel des vorliegenden Werkes zusammengestellt. Ich darf desshalb dorthin verweisen.

Als Weissfäule bezeichnet man alle Zersetzungsprocesse des Holzes, durch welche dieses eine entschieden hellere, gelbliche oder weisse Färbung annimmt. Wissenschaftliche Untersuchungen dieser

*) Die mikroskopischen Feinde des Waldes. Heft I. Dresden 1866.

Zersetzungsart liegen nicht vor. Th. Hartig leitet dieselbe zurück auf die Entstehung weisser Nachtfaserpilze (Nyctomyces candidus), Willkomm vermuthet, dass sie im Zusammenhang stehe mit der Rothfäule.

Die Grünfäule findet man hier und da am zersetzten Buchen-, Eichen- und Birkenholze, welches längere Zeit am Boden gelegen hat. Die intensiv spangrüne Färbung ist sowohl den Zellwandungen des zersetzten Holzes, als auch den in den Zellen sich vorfindenden Mycelfäden eigen. Caspary*) fand, dass in diesem Holze das Mycel der Peziza aeruginosa vegetirt.

Rebhuhn, Raphuhn, Rehbund nennt man einen Zersetzungszustand des Eichenholzes, bei welchem das letztere auf rehbraunem Grunde weisse Flecke erkennen lässt, die bei weiterer Zersetzung zu immer grösser werdenden Löchern sich umgestalten. Eine gewisse Aehnlichkeit in der Färbung des Holzes mit der des Rebhuhn-Gefieders hat demselben den Namen Rebhuhnholz in der Praxis verschafft. Taf. XIII.

Gelb- und weisspfeifiges Eichenholz erscheint in der Spaltfläche braun und weiss gestreift und gebändert, im Querschnitt erkennt man dunkle und weisse Flecke, die zu dem Namen Fliegenäste Veranlassung gegeben haben.

Nach dem Entstehungsheerde der Fäulniss resp. nach dem Orte der hauptsächlichsten Verbreitung unterscheidet man Wurzelfäule, wenn sich die Fäulniss auf einen Theil der Wurzeln beschränkt. Besonders die in die Tiefe gehenden Wurzeln faulen auf gewissen Bodenarten in höherem Alter ab, ohne dass desshalb der Baum abstirbt. Steigt von den faulen Wurzeln die Fäulniss empor und tritt im unteren Stammende (im Stock) vornehmlich auf, so heisst sie Stockfäule. Es kann die Stockfäule aber auch entstehen durch oberirdische Verwundungen nahe über der Bodenoberfläche. Die durch Stockausschlag entstandenen Bäume zeigen oftmals Stockfäule, die nicht von den Wurzeln herstammt. Astfäule nennt man die von abgestorbenen Aesten ausgehende und sich mehr oder weniger tief in das Innere des Baumes fortpflanzende Fäulniss, die sehr oft in Kernfäule übergeht, wenn die Fäulniss den inneren, ältesten Theil des Holzkörpers zunächst zerstört. Ringschäle wird sie genannt, wenn die Fäulniss vorzugsweise einzelne Jahresringe oder zusammenliegende Gruppen von Jahresringen zunächst zerstört, so dass der noch feste, oft scheinbar gesunde innere Holztheil von dem äusseren ganz oder auf einer Seite getrennt wird. Solche einseitig auftretende, im Querschnitt zuweilen die Gestalt einer Mondsichel imitirende Fäulniss nennt man auch wohl Mondringigkeit. Unter Splintfäule endlich versteht man die von aussen nach innen fortschreitende und zunächst mit Schnelligkeit den Splint zerstörende Fäulniss abgestorbener Baumtheile. Sie tritt im Gefolge des Rindenbrandes an freigestellten Rothbuchen auf, zerstört vornehmlich das Holz der abgestorbenen Aeste gipfeldürr gewordener Eichen u. s. w.

Es bedarf wohl nicht des Hinweises, dass die vorstehend skizzirte Unterscheidung der verschiedenen Zersetzungsprocesse des Holzes nach Farbe und Ort des Auftretens in keiner Richtung befriedigen kann. Abgesehen davon, dass die verschiedenartigsten Zersetzungsprocesse an demselben Baumtheile auftreten können, dass ferner ganz verschiedenartige Zersetzungsprocesse ähnliche Färbungen des Holzes veranlassen, ist die wichtige Frage nach der Entstehungsursache fast noch gar nicht in Erwägung gezogen worden. Vermuthungen sind allerdings in genügender Anzahl von den Forstleuten ausgesprochen, doch sind dieselben selbstredend fast ohne jeden Werth, da man nicht die verschiedenartigen Processe der Zersetzung von einander unterschied. Willkomm hat sich der Mühe unterzogen, a. a. O. auf 32 Druckseiten die in der Literatur zerstreuten, einander zum Theil sehr widersprechenden Ansichten über die Ursache der Rothfäule resp. Weissfäule zusammenzustellen und zu kritisiren. Hier genüge es, die am Schlusse jener Zusammenstellung gegebene Uebersicht über die verschiedenen Ansichten von der Entstehung der Rothfäule wörtlich wiederzugeben. Es heisst daselbst: „Specificiren wir zunächst die Standorts- und setzen wir hinzu die Wirthschaftsverhältnisse, welche die Rothfäule — namentlich der Fichte — veranlassen sollen, so ergiebt sich, dass diese Krankheit verursacht werden soll:

1) durch fetten Boden, insbesondere auch Kalkboden (bei der Fichte),
2) durch mageren, namentlich in Folge landwirthschaftlicher Vornutzung erschöpften Boden,
3) durch nassen Boden, namentlich Torfboden,
4) durch trockenen Boden, insbesondere Sandboden (bei der Eiche),

*) Caspary, Ueber Peziza aeruginosa in den Schriften der phys.-ökonom. Gesellschaft zu Königsberg. 1864.

5) durch Flachgründigkeit oder undurchlassende Schicht im Untergrund (überhaupt unpassenden Ober- oder Untergrund),
6) durch gelockerten und gebrannten Boden,
7) durch Viehlagerplätze,
8) durch festen, bindigen Boden,
9) durch ein zu warmes Klima (bei zu niederem Standort),
10) durch ein kaltes Klima (bei sehr gedrängtem Stande),
11) durch übersäete Saaten und bei Unterlassung der Durchforstungen (bei der Fichte),
12) durch plötzliche Freistellung nach lange Zeit gedrücktem Stande (Fichte),
13) durch sehr dichten Schluss von Jugend auf (Fichte),
14) durch faule oder abgestorbene Wurzeln,
15) durch äussere Beschädigungen (Entastungen, Harzscharren, Wildschälen, Verbeissen durch Weidevieh, bei der Fichte),
16) durch hohes Alter,
17) durch schwammige Holzbildung oder unvollkommene Ausbildung des Kernholzes (Fichte),
18) durch ungünstige Witterung, welche dem Wachsthum hinderlich ist,
19) durch plötzliche Begünstigung des Wachsthums (Kernschäle),
20) durch allzurasches Wachsthum in der Jugend und überhaupt ein früh eintretendes Lebensziel,
21) durch verhinderte Ausscheidung von Sauerstoff und Wasserstoff,
22) durch im Boden befindliche Eisen- und andere Oxyde und Oxydule, deren durch einen chemischen Process frei werdender Sauerstoff im Uebermass von den Wurzeln aufgesaugt wird,
23) durch die braune Nachtfaser, welche sich in dem absterbenden Holze entwickelt und dasselbe zerstört.

Wahrlich, difficile est, satyram non scribere!

Die Weissfäule wird veranlasst:

1) durch äussere nicht zu heilende Verletzungen,
2) durch eine abnorme Wasservermehrung im Holze, wodurch eine rasche Verwandlung der Zellmembran in Bassorin bewirkt wird,
3) durch einen gewaltsamen und rasch verlaufenden Fäulnissprocess,
4) durch die weisse Nachtfaser, die sich im absterbenden Holze entwickelt.

Die Arbeiten Willkomm's waren es, die etwa seit dem Jahre 1870 meine Thätigkeit der Erforschung der Baumkrankheiten und somit auch der Ursache der Fäulniss des Holzes zulenkten. In meinen im Herbste 1873 zum Abschlusse gelangten „Wichtige Krankheiten der Waldbäume" wies ich nach, dass einer der verbreitetsten Fäulnissprocesse der Kiefer durch einen Parasiten, Trametes Pini Fr., erzeugt werde. Geglückte künstliche Infectionen widerlegten jeden Einwand bezüglich des primären Charakters dieses Baumpilzes. In einer kleinen Schrift: „Die durch Pilze erzeugten Krankheiten der Waldbäume", in mehreren Artikeln des Forstlichen Centralblattes, der Baur'schen Monatsschrift habe ich ferner vorläufige Mittheilungen über meine diesbezüglichen Arbeiten veröffentlicht. Schliesslich muss ich noch erwähnen, dass Göppert in seiner Schrift „Ueber die Folgen äusserer Verletzungen der Bäume etc. etc." 1873, nachdem er über die Nachtheile der Aestung auf die Gesundheit der Bäume im Allgemeinen gesprochen hat, seine Ansicht über den Charakter der an faulen Bäumen auftretenden Pilze in einer so treffenden und schon durch meine ersten Untersuchungen, die damals noch nicht veröffentlicht waren, im Wesentlichen bestätigten Weise ausgesprochen hat, dass hierin ein neuer Beweis für die scharfe Beobachtungsgabe und das zutreffende Urtheil dieses verdienstvollen Gelehrten erkannt werden muss. Es heisst daselbst Seite 71 und 72: „Was nun die von mir in meinem Programme auch erwähnte Gefahr des Einzuges von Pilzen durch die Asthiebe betrifft, so ist dieselbe nicht zu unterschätzen. Sie erfolgt hier auf der abgestorbenen Fläche viel früher als auf der wohlerhaltenen Rindenoberfläche des Stammes. Bei der mikroskopischen Kleinheit der nur zu sehr verbreiteten Pilzsporen, die notorisch in die Holzzellen, wie auch besonders in die Markstrahlenzellen eindringen, bemerkt man ihre Anwesenheit gewöhnlich erst, nachdem sie eine sehr bedrohliche Ausdehnung erlangt haben, wie dies insbesondere bei der sogenannten Roth- und Weissfäule des Holzes der Fall

ist, die auch mit dem Namen Zunder, Astschwamm, Trocken- oder Astfäule bezeichnet werden. Dicht erfüllt sind die Stämme von überaus zartem Mycelium, wie man im Allgemeinen das Vegetationsorgan der Pilze nennt, welches aus mikroskopischen, cylindrischen, vielfach verzweigten, das ganze Holzgewebe innerlich und äusserlich durchsetzenden Zellen besteht, aber in diesem sozusagen primären Zustande sich auf eine bestimmte Art nicht zurückführen lässt. Es ist nicht meine Absicht, hier näher auf die Untersuchung derselben einzugehen, über welche wir mehrere werthvolle Arbeiten besitzen, wohl aber will ich darauf hinweisen, wie nothwendig es erscheint, ihren Zusammenhang mit den äusserlich zum Vorschein kommenden, an Bäumen haftenden grösseren Pilzen in Beziehung zu setzen, was bisher noch nicht geschehen ist. Wir besitzen noch keine Entwicklungsgeschichte von irgend einem einzigen der zahlreichen, besonders zur Boletusgruppe gehörenden, oft ganz kolossalen Pilze, welche an unseren Waldbäumen haften. Längsschnitte enthüllen die ungeheure Verbreitung des Myceliums.

Bei dem zierlichen, sich sehr weit und rasch verbreitenden Polyporus versicolor, dessen napfähnliche Fruchtkörper oft zu 100 über einander sich häufen, sah ich es im Inneren in 30—40 Fuss Länge; in nicht viel geringerer Ausdehnung bei unseren Nussbäumen, die alljährlich den schönen Polyporus squamosus produciren, und in ganz grossartigem Verhältnisse bei den riesigen Exemplaren von Polyporus abietinus Holmsk, welche in 1—1½ Meter peripherischer Breite und einer Höhe von ⅓—1 Meter die Urstämme der Fichte in den Schwarzenbergischen Urwäldern des Böhmerwaldes umklammern und zuweilen selbst zu 2—3 Exemplaren, gleich kolossalen Muschelschalen über einander stehen. An einem Kirschbaume unseres Gartens von 12—15 Ctm. Durchmesser, an welchem zum Theil in grossen Zwischenräumen einzelne, nur etwa 3—4 Ctm. grosse Exemplare des gewöhnlichen Feuerschwammes, Polyporus igniarius Fr. sitzen, ist der Stamm in seiner ganzen Länge von 6 Metern vom Mycelium oder dem Vegetationsorgane durchzogen, welches namentlich bei den einzelnen Pilzkörpern massenhaft angehäuft ist. Man möge daher die Mahnung, für Entfernung solcher Baumpilze Sorge zu tragen (nicht bloss abzuschlagen, sondern tief zu vergraben), nicht für zu gering achten. Es geschähe weniger, um die schon ergriffenen Stämme vom Verderben zu retten, als vielmehr, um andere, noch gesunde zu schützen. Nicht oft genug kann man darauf hinweisen, dass, wenn man sich vor Pilzen wahren will, dies nur durch augenblickliche Entfernung von dem Orte ihres Wachsthums und Vergrabung geschehen kann, um die Ausstreuung der Samen oder Sporen zu verhindern. Diese letzte Mahnung erscheint um so nothwendiger, als man immer noch zu sehr geneigt ist, in den Pilzen nur Producte organischer Zersetzung und nicht ganz wohlorganisirte, mit bewunderungswürdiger Fortpflanzungsweise ausgestattete Gewächse zu sehen, eine Meinung, die in mancher Hinsicht geradezu für gemeingefährlich zu halten und stets auf das Aeusserste zu bekämpfen ist.“ —

Bevor ich dazu übergehe, die Ansichten kurz wiederzugeben, welche die Chemiker über den Zersetzungsprocess des Holzes sich gebildet haben, will ich noch bemerken, dass die botanischen Lehrbücher mit tiefem Stillschweigen über diesen Gegenstand hinweggehen, dass auch die Kenntniss der Entwicklungsgeschichte und Lebensweise der Pilze aus den Gattungen Polyporus, Trametes, Agaricus etc. noch auf sehr tiefer Stufe sich befindet.

Als Grundlage zu der nachfolgenden kurzen Darstellung habe ich den Abschnitt „Die Zersetzungserscheinungen des Holzes“ aus Dr. Adolf Mayer's „Chemische Technologie des Holzes als Baumaterial“*) gewählt. Die Zersetzungserscheinungen des Holzes hat man ohne Rücksicht darauf, ob dieselben an lebenden Bäumen oder an gefälltem Holze stattfinden, eingetheilt in 1. Vermoderung, 2. Fäulniss, 3. Humificirung, 4. Verwesung, 5. Gährung, 6. Verschimmeln, 7. Ersticken und 8. Holzschwamm.

1. Die **Vermoderung** des Holzes, auch Trockenfäule oder Weissfäule des Holzes tritt häufiger an Theilen stehender Bäume auf, wie an gefälltem Holze. Das Holz wird hierbei weiss und völlig zerreiblich. An warmen Tagen, an denen der Process schnell verläuft, zeigt das weissfaule Holz der Bäume eine auffallende Phosphorescenz. Bei geschlagenem und bei schon verwendetem Holze tritt Vermoderung am leichtesten an Orten ein, die an sich keineswegs besonders feucht zu sein brauchen, die indessen dem Holze nicht gestatten, diejenigen Mengen von Feuchtigkeit, welche es noch in sich hat, durch Verdunstung abzugeben, oder wo

*) Handbuch der chemischen Technologie von Dr. P. Bolley und Dr. K. Birnbaum. 1872.

dasselbe unter günstigen Wärmeverhältnissen einer häufigen Anfeuchtung, ohne inzwischen eine völlige Austrocknung zu erleiden, unterliegt (Bergwerke). Die Vermoderung erfolgt nur bei Anwesenheit von Luft und ist ein Oxydationsvorgang. Weisses vermodertes Holz aus dem Inneren eines Eichenstammes genommen, gab nach Liebig:

Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Asche.	
47,6	6,2	44,9	1,3	oder auf die organische Substanz berechnet,
48,2	6,3	45,5	—	

während gesundes Eichenholz ergab:

49,95 C. 5,99—6,20 H. 43,59—43,99 O. und N.

Es wird an diese Zahlen die Bemerkung geknüpft, dass die Zunahme des Sauerstoffes nicht etwa den einzigen chemischen Effect der Vermoderung darstelle, dass insbesondere der Oxydationsprocess noch in der Weise stattfinde, dass die organische Substanz geradeauf in die flüchtigen Producte: Kohlensäure und Wasser zerfällt. Es ist hierzu etwas mehr, wie die doppelte Menge des schon in der sich oxydirenden organischen Substanz vorhandenen Sauerstoffes von aussen nothwendig. Es ist nicht einmal sicher, ob jenes weissfaule Holz, welches etwas sauerstoffreicher ist als das gewöhnliche Holz, diese Zusammensetzung direct in Folge eines Oxydationsprocesses besitzt, oder ob dies Resultat die Folge davon ist, dass die kohlenstoffreicheren incrustirenden Substanzen, das sogenannte Lignin, vorzugsweise Oxydation erlitten haben, während die eigentliche Cellulose sich als dem Vermoderungsprocesse etwas weniger zugänglich erwiesen hat. Hinsichtlich der Ursächlichkeit des Vermoderungsprocesses drückt sich der Verfasser unter Hinweis auf die Liebig'sche mechanische Gährungstheorie und die Pasteur'sche Hefetheorie sehr reservirt aus und bezeichnet diese Frage als eine offene und noch ungelöste.

2. Die **Fäulniss des Holzes** wird im Gegensatz zu der Vermoderung oder Trockenfäule auch als nasse Fäulniss bezeichnet. Als Bedingungen ihrer Entstehung wird ein reichlicher Zufluss von Wasser, eine grosse Höhe der Temperatur und ein gewisser Gehalt an proteïnartigen organischen Substanzen bezeichnet, wogegen die Anwesenheit von atmosphärischem Sauerstoff nicht bedingt wird. Das faule Holz zeigt nicht eine weisse, sondern in der Regel eine röthliche, bräunliche oder schwärzliche Farbe und eine ebenso geringe oder noch geringere Consistenz als das vermoderte Holz, daher auch der Name „Rothfäule", womit ein Fäulnissprocess im Inneren lebender Bäume bezeichnet wird. Uebergänge zwischen beiden vorgenannten Zersetzungsprocessen kommen vielfach vor. Die chemischen Processe der Fäulniss können stattfinden gänzlich ohne Zuthun äusseren atmosphärischen Sauerstoffes. Wenn nun bei der Fäulniss Kohlensäure und Wasser entsteht, so müsste wegen des geringen Sauerstoffgehaltes des Holzes sehr bald ein äusserst kohlenstoffreicher sauerstoffarmer Rest übrig bleiben, die weitere Fäulniss müsste dadurch verhindert werden. Wenn nun auch verfaultes Holz in der That einen grösseren Kohlenstoffgehalt nachweist, als gesundes, so ist der Unterschied doch so gering, dass man nothwendig annehmen muss, es finde neben jener Entstehung von Kohlensäure und Wasser zugleich noch ein anderer Process statt, durch welchen ohne Verbrauch von Sauerstoff flüchtige Producte sich bilden. In der That sieht man in Sümpfen, d. i. also an Orten, wo vegetabilische holzähnliche Massen in grösserem Massstabe faulen, eine Entwicklung von Gasen, die nur C und H enthalten, nämlich die Entwicklung von Sumpfgas, und es erscheint die Annahme berechtigt, dass bei Abschluss des Sauerstoffs aus dem faulenden Holze Sumpfgas oder ähnlich zusammengesetzte Stoffe sich neben Kohlensäure und Wasser entwickeln. Tritt, wenn auch in beschränktem Massstabe Sauerstoff von aussen zu dem faulenden Holze, so entsteht anstatt des Sumpfgases entsprechend mehr Kohlensäure ausser dem Wasser; es bleibt eine kohlenstoffreichere Masse, die braunen und schwarzen Humuskörper zurück, welche einer weiteren Zersetzung nur sehr wenig zugänglich sind.

Die Elementaranalyse faulen Eichenholzes ergab:

Verfaultes Eichenholz (hellbraun)

(Meyer) 53,6 % Kohlenstoff. 5,2 Wasserstoff. 41,2 Sauerstoff.

Verfaultes Eichenholz (dunkelbraun)

(Will.) 56,2 Kohlenstoff. 4,9 Wasserstoff. 38,9 Sauerstoff.

Braune Baumerde aus einem hohlen Baume

(Mulder) 58,0 Kohlenstoff. 4,9 Wasserstoff. 37,1 Sauerstoff.

In Bezug auf die der Fäulniss zunächst unterliegenden Gewebetheile meint der Verfasser, dass Cellulose und incrustirende Substanzen beide derselben unterliegen und man nicht sagen könne, welche derselben in höherem Grade zugänglich sei. Nur das Harz widerstehe der Fäulniss in hohem Masse.

Was die Ursächlichkeit der Fäulnissprocesse betrifft, so steht die Fäulniss in innigem Zusammenhange mit dem Gehalte an stickstoffhaltigen Substanzen. Splintholz fault desshalb am leichtesten. Ferner ist faules Holz ohne Zweifel fähig, gesundes Holz anzustecken, denn der Fäulnissprocess schreitet gleichmässig über einen immer grösseren Bezirk fort. Die Frage, ob die Fäulniss durch ein sich stets wieder von Neuem erzeugendes chemisches Ferment oder durch niedrige Organismen zu Stande komme, ist bisher noch nicht beantwortet. Es handelt sich bei diesen in Frage kommenden Organismen keinenfalls um grössere, mikroskopisch leicht erkennbare Gährungspilze, sondern ohne Widerrede vorzugsweise um jene kleinsten Organismen, welche man Bacterien genannt hat. Wenigstens gelingt es, derartige kleinste Lebewesen bei jeder Gattung complicirter Fäulnissprocesse aufzufinden. In wie weit aber alle die chemischen Veränderungen, welche wir bei der Fäulniss beobachten, mit dem Stoffwechsel dieser Organismen identisch, in wie weit sie secundäre, durch jene eingeleitete Erscheinungen sind, und in wie weit sie sich völlig unabhängig von jenen vollziehen, darüber vermag, wie gesagt, zur Zeit Niemand eine Auskunft zu ertheilen.

3. Die **Humificirung des Holzes.** Das humificirte Holz zeichnet sich durch Lockerung des Zusammenhaltes und durch Dunkelfärbung aus. Sie ist in ihren Endproducten nicht wesentlich verschieden von der Fäulniss des Holzes, tritt vorzugsweise bei niederer Temperatur auf und zwar bei einem beschränkten Luftzutritte in der Torfbildung, während bei der Braunkohlenbildung Grubengas sich bildet, da der Luftzutritt hier vollständig ausgeschlossen ist. Die Annahme einer Fermentwirkung oder von Organismen bleibt hierbei ausgeschlossen, vielmehr ist die Humificirung ein oder eine Reihenfolge chemischer Processe, deren Verlauf aus irgend einem Grunde stagnirendes Wasser erfordert.

4. Die **Verwesung.** Als solche bezeichnet man die im Laufe der Jahrzehnte eintretende chemische Veränderung des Holzes in trockenen Gebäuderäumen, nach deren Eintritte man dasselbe auch als brausch, sprockig oder abgestanden bezeichnet, die Festigkeit sich bedeutend vermindert zeigt. Die Ursache dieser Erscheinung ist noch unerforscht.

5. Die **Gährung.** Man versteht unter Gährung des Holzes die Alcoholgährung des Zellsaftes im Safte gehauener Baumstämme, durch welche die Substanz der Holzfaserwandungen in keiner Weise in Mitleidenschaft gezogen wird. Wird das schnelle Austrocknen verhindert, zumal durch Aufbewahrung in dumpfen Räumen, dann erkennt man das Auftreten dieser Gährung oft schon durch den weinartigen Geruch und lässt sich der Alcoholgehalt solchen Holzes durch Destillation seiner Spähne mit Wasser erweisen. Diese Gährung schädigt das Holz an sich nicht, beweist allerdings das Vorhandensein stickstoffhaltiger gelöster Stoffe, da nur bei Gegenwart dieser die Hefepilze vegetiren können, und somit beweist sie, dass das Holz auch den Fäulniss- resp. Vermoderungsprocessen zugänglich ist. Nur dann, wenn die Gährung des Holzes bis zur Essigbildung vorgeschritten ist, hält man diesen Process für schädlich, da man der Essigsäure die Fähigkeit zuschreibt, das Holzgewebe selbst anzugreifen.

6. Das **Schimmeln des Holzes** ist mehr ein Beweis, dass der Ort der Lagerung des Holzes und dessen Feuchtigkeitszustand anderen Zersetzungsprocessen günstig ist, als dass es selbst dem Holze nachtheilig wäre.

7. Das **Ersticken des Holzes.** Man versteht darunter die Verfärbung insbesondere des Splintholzes solcher Bäume, die unentrindet bei warmer Witterung liegen bleiben. Es wird angenommen, dass der gährungsfähige Saft in Zersetzung übergeht, und das Holz dadurch bläulich (Nadelholz) oder braun (Eiche, Esche) färbe. Schnell ausgetrocknet sei solches Holz kaum von gesundem Holze verschieden.

8. Der **Holzschwamm,** als welchen man eine Reihe von Pilzformen, welche in zusammenhängenden grösseren Massen auf dem Holze auch noch lebender Bäume vegetiren, ansprechen darf, kann — so widersprechend auch noch die Ansichten über Ursächlichkeit und Folge von Pilzbildungen und Zersetzungsvorgängen des Holzes sein mögen — mit ziemlicher Sicherheit als eine Folge der Holzzersetzung oder wenigstens des Zustandes, der es am meisten zur Zersetzung auch ohne Mitwirkung von Schwamm disponirt, betrachtet werden. Modriges und fauliges Holz besitzt eine viel höhere wasserfassende Kraft, als dasselbe in gesundem Zustande und ist daher weit mehr als dieses zu einem grossen Wassergehalte geneigt. Da nun die Pilze einen solchen feuchten Standort lieben, so stellt sich nach einem gewissen Grade von Fäulniss leicht die sogenannte Schwammbildung ein und dieselbe ist an einem lebenden Stamme oder an einem feuchten Balken auftretend weit mehr ein Zeichen für den Zustand, als an sich eine Ursache der Verderbniss, obwohl sie dann auch ihrerseits zum weiteren Ruine des Holzkörpers beitragen mag. Wenigstens beobachtet man in Häusern häufig ein Umsichgreifen der Schwammbildungen, ein Uebertragen derselben (durch Sporen) auf bis dahin gesundes und, wie behauptet wird, ziemlich trockenes Holz, so dass man an eine Infectionskrankheit glauben möchte. —

Ich habe es in der vorstehenden Uebersicht über den gegenwärtigen Stand der Wissenschaft in Bezug auf die Kenntniss der Zersetzungsprocesse des Holzes principiell vermieden, irgend welche kritisirende Bemerkungen beizufügen. Es wird meine Aufgabe sein, in einem Ueberblicke über die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen nachzuweisen, in welchen Punkten die bestehenden Ansichten bestätigt, berichtigt oder widerlegt werden.

I. ABSCHNITT.

DIE ZERSETZUNGSPROCESSE DES HOLZES DER NADELHOLZBÄUME.

ALLGEMEINES ÜBER DEN BAU DES NADELHOLZES.

Während eines mehr als fünfjährigen Zeitraumes habe ich jede Gelegenheit benutzt, in den Schlägen wie auch durch Fällung und Zerlegung sichtlich erkrankter Bäume mir Aufschluss zu verschaffen über die Verschiedenheiten der Zersetzungsprocesse unserer wichtigsten Nadelholzbäume, über deren Entstehungsursachen, Entwicklung und Verbreitung im Inneren der Bäume. Nur wenig Gelegenheit bot sich mir dar zum Studium der Zersetzungsprocesse an Larix decidua und Abies pectinata, um so gründlicher glaube ich dagegen diese Processe kennen gelernt zu haben, wie sie an Pinus silvestris und Picea excelsa in Deutschland auftreten. Ich glaube behaupten zu dürfen, dass die nachstehend beschriebenen Processe die wichtigeren und allgemeiner verbreiteten für diese Holzarten umfassen, zweifle andererseits aber auch nicht daran, dass, nachdem einmal die Aufmerksamkeit der Forstleute auf diese Erscheinungen gelenkt sein wird, hier und da Fäulnissprocesse an der Kiefer und Fichte, noch mehr an Lärche und Tanne entdeckt werden, die mir bisher unbekannt geblieben sind.

Von grossem wissenschaftlichem Interesse wird es auch sein, diejenigen Zersetzungsvorgänge, welche an gefällten Bäumen, an Stöcken abgehauener Stämme, an verbautem Holze auftreten, eingehender zu studiren. Liegt mir auch bereits mancherlei werthvolles Material für diese Gruppe von Processen vor, so genügte dasselbe doch noch bei weitem nicht, um einigermassen einen Ueberblick über diese so mannigfachen Erscheinungen zu gewinnen. Bevor ich zur Darstellung der einzelnen Krankheitsprocesse selbst übergehe, halte ich es für nothwendig, einige wenige Bemerkungen über den Bau des gesunden Nadelholzes voranzusenden. Ich beschränke mich hierbei jedoch streng auf dasjenige, was in unmittelbarer Beziehung zu den späteren Erörterungen steht. Es kann nicht die Aufgabe dieser Schrift sein, den Leser zuvor mit denjenigen anatomischen Kenntnissen auszustatten, welche derselbe nöthig hat zum Verständniss der Ergebnisse meiner Arbeiten. Ein Blick auf Taf. IV und VI bis XI zeigt, dass das Holz den Abietineen durch einfachen Bau sich auszeichnet. Es besteht dasselbe (die Organe der Markscheide ausgeschlossen) aus behöft getipfelten gefässartigen Holzzellen, Holzfasern oder Tracheiden genannt. Meist nur in der Nähe der Harzkanäle, bei der Weisstanne reichlicher auch ohne Gegenwart von Harzgefässen tritt zu den

Tracheiden noch etwas Holzparenchym. Die Markstrahlen, welche in horizontaler Richtung radial den Holzkörper durchsetzen, sind meist nur einreihig, zeigen hier und da einen mit den senkrecht verlaufenden Harzkanälen in offener Verbindung stehenden Harzkanal und sind dann entsprechend stärker entwickelt. Dass die senkrecht und die horizontal verlaufenden Harzkanäle im Holzkörper der Fichte und Kiefer hier und da in offener Verbindung mit einander stehen, wie das von Mohl für die im Rindengewebe dieser Holzarten verlaufenden Harzgänge bereits nachgewiesen ist*), habe ich mehrfach Gelegenheit gehabt, mit absoluter Bestimmtheit zu beobachten. Es erklärt sich auch nur hieraus der lebhafte und nachhaltige Austritt des Terpentins aus einer Schalmwunde, indem der Druck, welchen das in den senkrecht verlaufenden Kanälen befindliche Oel nach unten ausübt, durch den communicirenden Kanal sich auch seitlich fortpflanzt und ein Herauspressen des Oels veranlasst. Die Tracheiden der Abietineen sind langgestreckte, an den Enden meistens keilförmig zugespitzte Organe. Der tangentale Durchmesser derselben beginnt schon in grösserer Entfernung vor dem Ende sich zu vermindern, so dass dieses einen sehr spitzen Winkel bildet (Taf. VI Fig. 1 und 2), wogegen sie im Radialschnitte entweder stumpfwinkelig oder abgerundet oder abgestutzt endigen (Taf. IV Fig. 2 und 3). Die Tracheiden des Nadelholzes stehen sehr regelmässig in radiale Reihen geordnet und die Organe eines und desselben Radius in annähernd derselben Höhe, d. h. sie endigen in einer Horizontallinie; dagegen stehen die Organe der Nachbarradien entweder höher oder tiefer, wodurch die Festigkeit des Holzkörpers wesentlich gesteigert wird. Auf die Verschiedenheiten in der Form und Wanddicke der Frühlingsfasern (Rundfasern) und der Organe des Sommerholzes (Breitfasern) speciell aufmerksam zu machen, ist nicht erforderlich, dagegen muss etwas näher der Bau der Zellwandung besprochen werden, da die einzelnen Schichten, die wir hier unterscheiden, den einzelnen Pilzspecies gegenüber ein ganz verschiedenes Verhalten zeigen. Man unterscheidet an der Nadelholzfaser, wie Taf. VI Fig. 6a im Querschnitte zeigt, drei verschiedene Schichten. Die äusserste mit der entsprechenden Schicht der Nachbarfaser zu einer gemeinsamen „Mittellamelle" verschmolzene Schicht erkennt man in ihrer einfachen Breite da, wo drei Zellen zusammenstossend einen niemals offenen Intercellularraum bilden. Die zweite Schicht, die sich der Innenfläche der vorigen unmittelbar anlegt oder vielmehr mit derselben innig verwachsen ist, zeigt fast immer eine grössere Dicke als die zuerst genannte Schicht und oft sehr deutliche Schichtung im Querschnitte. Eine feine innere Grenzhaut endlich bekleidet gewissermassen die Wandung des Zellenlumens.

Diese drei Schichten haben in der Wissenschaft in Bezug auf ihre Entstehungsart eine verschiedene Bezeichnung gefunden. Die herrschende Ansicht nimmt an, dass die anfänglich zarte, aus Cellulose bestehende Zellhaut während ihres Dickewachsthums, welches auf Intussusception beruht, chemische Veränderungen erleidet, welche eine Sonderung (Differenzirung) der Zellwand in die genannten drei Schichten zur Folge haben, die sowohl in ihrem chemischen Verhalten zu Reagentien als auch in ihren physicalischen Eigenschaften scharf gesondert hervortreten.

Man bezeichnet den äussersten mit der entsprechenden Schicht der Nachbarwandung verschmolzenen Theil als Medianschicht oder Mittellamelle, die zweite Schicht als zwischenliegende Schicht und die innerste Grenzhaut als Auskleidungsschicht. Dem gegenüber betrachtet Th. Hartig die äusserste Schicht als die im cambialen Zustande allein vorhandene „primäre" Wandung, welcher sich später durch Umwandlung des Zellschlauches der Cambialfaser die „secundäre" oder Einschachtelungswand auf der Innenseite anlege. Eine dritte „tertiäre" Wandung sei ebenfalls eine später entstandene Wandungsschicht. Nur in diesem Sinne ist nach der Th. Hartig'schen Theorie von einer Verdickung der Wandung durch Apposition zu reden. Ohne auf die Berechtigung der einen oder anderen Anschauungsweise hier näher eingehen zu wollen, bemerke ich, dass in der Folge von mir diese drei Schichten als äussere, mittlere und innerste Wandungsschicht bezeichnet werden sollen, wodurch jede Verwechselung vermieden werden dürfte.

Nothwendig ist es, dass ich auf die Eigenthümlichkeiten dieser drei Wandschichten noch etwas näher eingehe. Was zunächst die chemische Zusammensetzung derselben betrifft, so ergiebt die Elementaranalyse des Holzes überhaupt bekanntlich einen erheblich höheren Kohlenstoffgehalt, wie er für die Cellulose gefunden ist.

*) Bot. Ztg. 1859 p. 333.

Auf aschenfreie Substanz berechnet enthält die Cellulose 44,4 C. 6,2 H. und 49,4 O. Die Herren Chemiker Schütze und Dr. Daube hierselbst haben die Güte gehabt, eine Reihe von Elementaranalysen gesunden und kranken Holzes auszuführen und ergab gesundes Holz von Picea excelsa (60jähriger Baum. Das Holz ohne Rinde aus Brusthöhe den inneren Theilen entnommen):

(Daube) 48,63 C. 5,8 H. 45,18 O (+ N.) 0,39 Asche,

demnach auf aschenfreie Substanz berechnet:

48,82 C. 5,82 H. und 45,36 O + N.

Gesundes Holz der Weisstanne Abies pectinata (100jähriger Baum, ohne Rinde) ergab:

(Daube) 50,95 C. 5,91 H. 42,21 O + N. 0,93 Asche,

also auf aschenfreie Substanz berechnet:

51,43 C. 5,96 H. 42,61 O + N.

Gesundes Kiefernholz (Kernholz von 100jährigem Baume) ergab:

(Daube) 51,48 C. 6,11 H. 42,09 O + N. 0,32 Asche,

oder aschenfrei

51,64 C. 6,14 H. 42,22 O + N.

In allen drei Holzarten ist mithin der Kohlenstoff grösser, der Sauerstoff und Wasserstoff geringer als in der Cellulosesubstanz. Wenn Kohlenstoff und Wasserstoff im Kiefernholze am höchsten ist, so erklärt sich dies aus dem grösseren Terpentingehalte dieser Holzart, der bekanntlich den des Fichten- und Tannenholzes erheblich übersteigt. Dagegen muss es auffällig erscheinen, dass der Kohlenstoffgehalt des harzarmen Weisstannenholzes bedeutend grösser ist, als der des harzreicheren Fichtenholzes.

Für die Thatsache, dass die Wandung der Holzfaser bedeutend kohlenstoffreicher ist, als die Cellulose, hat man eine zweifach verschiedene Erklärung aufgestellt. Einerseits hat man angenommen, es lagere sich beim Uebergang der Cellulose zu Holzsubstanz zwischen die Moleküle der ersteren eine kohlenstoffreiche Substanz, die man als „incrustirende Substanz" bezeichnet hat, ab, wodurch die bekannten, das Holz von der Cellulose unterscheidenden Eigenschaften hervorgerufen würden. Eine andere Auffassung geht dahin, dass die Cellulose selbst sich chemisch verändere zu einer kohlenstoffreicheren Substanz, die als Lignin bezeichnet worden ist. Es ist bekannt, dass die Cellulose durch Jodchlorzink oder durch Jod und Schwefelsäure schön blau oder violett gefärbt wird, wogegen das Lignin diese Reactionen nicht zeigt. Erst nach Behandlung des Holzstoffes mit chlorsaurem Kali und mit Salpetersäure tritt jene Cellulosereaction wieder auf. Ich werde in der Folge zeigen, dass manche Pilzarten ähnliche Wirkung auf die Zellwandung ausüben, als jene Reagentien, indem sie die ganze Wandung so umwandeln, dass die Cellulosereaction deutlich hervortritt. Der chemischen Umwandlung folgt dann meist sehr bald die Auflösung der äusseren Wandschicht, in Folge dessen die Zellen isolirt werden. Bekanntlich findet auch durch Kochen der Holzfasern in Salpetersäure und chlorsaurem Kali die Auflösung der äusseren Schicht und damit die Isolirung der entfärbten Fasern statt. Die äussere Schicht ist fast immer ungetrennt von der entsprechenden Schicht der Nachbarzelle, bildet eine homogene Mittelschicht zwischen den Zellen. Nur in sehr seltenen Fällen veranlasst die Einwirkung der Pilze eine Trennung dieser Schicht in die beiden den einzelnen Zellen zugehörigen Hälften. In Taf. VI Fig. 6 b, c und e sind solche Fälle dargestellt, jedoch gehören diese auch bei der Fäulniss, welche durch Trametes Pini veranlasst wird, zu den Seltenheiten. Wenn in der mittleren und inneren Wandschicht in Folge der Zersetzungsprocesse Risse und Spalten entstehen, so nimmt die äussere Wandschicht nicht daran Theil Taf. VIII und IX, ein Umstand, der allerdings sehr für eine unabhängige Entstehungsweise beider Wandungsschichten sprechen dürfte. Die mittlere Schicht ist mehr oder weniger verdickt, wird durch Schwefelsäure stark expandirt, zeigt im Querschnitt deutliche Schichtung und zwar, wie man annimmt, in Folge grösseren resp. geringeren Massengehaltes der einzelnen Schichten. Dieser Wandungstheil zeigt immer eine spiralig von rechts nach links aufsteigende molekulare Structur. Wir werden sehen, dass diese spiralige Anordnung der Moleküle in verschiedenster Weise bei der Zersetzung des Holzes hervortritt. Im gesunden Holze zeigt sich diese Streifung fast stets nur im Herbstholze und zwar am deutlichsten in den dickwandigen Organen des Astholzes Diese Streifung beschränkt sich entweder nur auf die innerste Schicht (Taf. VI Fig. 8, Tanne) oder es nimmt daran die mittlere Schicht mehr oder weniger Theil. Da man in der Regel gleichzeitig die in derselben Richtung aufsteigende

Streifung der Nachbarwandung beobachtet, so tritt für das Auge eine scheinbare Kreuzung in den Streifen und Spalten hervor, die in Wirklichkeit nicht vorhanden ist. Die spiralige Anordnung der Moleküle dieser Wandungsschicht erkennt man auch dann, wenn dieselbe isolirt ist und unmittelbar vor der völligen Auflösung steht (Taf. VII Fig. 13 d, e). Die innerste Grenzhaut ist stets wenig verdickt, aber als selbstständige Schicht optisch scharf abgegrenzt. In den Fällen, in denen sie bis unmittelbar vor der völligen Auflösung der Zellwand übrig bleibt und dann eine gekörnelte Structur annimmt, habe ich diese Moleküle nicht in spiraliger Anordnung, sondern gleichmässig zerstreut beobachtet (Taf. VI Fig. 5). Ihre spiralige Streifung in den Fällen, in denen die Mittelschicht gestreift ist, scheint desshalb lediglich bedingt zu sein durch letztere, welcher sie aufliegt.

Besondere Erwähnung verdient noch die Tipfelbildung der Tracheidenwandung.

Es ist in der That kaum verständlich, wie es möglich gewesen ist, dass bis auf die neuste Zeit die Ansicht sich hat erhalten können, der Tipfel der Nadelholztracheiden sei zu beiden Seiten offen. Nachdem nunmehr die von meinem Vater schon seit langer Zeit aufgestellte und bewiesene Thatsache des Vorhandenseins einer Schliesshaut allgemeine Anerkennung gefunden hat, will ich mich darauf beschränken, die Verschiedenheiten hervorzuheben, die sich im Bau des Nadelholztipfels erkennen lassen. Studien über die Entwicklungsgeschichte von der Entstehung bis zur Vollendung des Tipfels habe ich nicht anzustellen Gelegenheit gehabt, um so reicheres Material gaben dagegen die nachfolgenden Untersuchungen über die Veränderungen, welche der Tipfel erfährt bei der Zerstörung der Zelle durch Pilzwirkung. Hier hebe ich vorerst nur Dasjenige hervor, was sich an der normalen, gesunden Zelle erkennen lässt. Man nimmt bekanntlich an, dass auf der Wandung der cambialen Zelle sich in dem Umkreise des zu bildenden Hofes die Zellhaut ringförmig erhebe, in spitzem Winkel zu der Ebene des eingeschlossenen Kreises fortwachse, ohne aber in der Mitte zusammenzustossen. Es bleibt vielmehr der Rand der so gebildeten Hofraumwandung so weit von einander entfernt, wie der innere Kreis, die Tipfelöffnung andeutet. Die während resp. nach Vollendung des Dickewachsthums der Zellwandung eintretende Aussonderung (Differenzirung) der drei Wandschichten bewirkt, dass die Wandung des Linsenraumes (Taf. VI Fig. 6 zwischen a und e) diese drei Schichten ebenfalls deutlich erkennen lässt; dass also der Linsenraum im Innern ausgekleidet ist von der äussersten Wandschicht (der sich im Umfange des Linsenraumes spaltenden sogenannten „Mittellamelle"), auf welche nach dem Zelleninneren zu eine mehr oder weniger dicke, gegen die Oeffnung des Linsenraumes meist keilförmig sich zuspitzende Schicht der mittleren Zellenwandschicht folgt, die dann nach dem Zellenraume zu von der dritten „Auskleidungsschicht" bedeckt ist. Da, wo sich die äusserste, beiden Nachbarzellen gemeinsame Wandschicht spaltet, um den Linsenraum zu bilden, zeigt sie sehr oft eine erhebliche Verdickung, die in der Tipfelaufsicht zur Entstehung einer schwach angedeuteten doppelten Umgrenzung des Hofraumes Veranlassung giebt (Taf. V Fig. 5 und 7). Wird bei der Auflösung der Zelle zuerst die äussere Wandschicht aufgelöst, dann widersteht dieser Ring in Folge seiner Dicke der Auflösung etwas länger, zerfällt auch vor dem Verschwinden in mehrere Bruchstücke (Taf. VI Fig. 5 d, Fig. 6 zwischen e und f). Sehr oft erkennt man in der Umgebung des kleinen, die Oeffnung des Linsenraumes bezeichnenden Kreises noch einen schwach angedeuteten zweiten Kreis (Taf. VI Fig. 4, 5, 7). Es entsteht dieser dadurch, dass die Tipfelwandung auf der geschlossenen Seite des Linsenraumes nahe der Oeffnung etwas verdickt ist (Taf. VI Fig. 6 a). Auch dann, wann die äusserste Wandschicht der Zelle, also die innere Auskleidung des Linsenraumes aufgelöst ist, bleibt die Verdickung und somit der Doppelring mehr oder weniger deutlich (Fig. 6 zwischen e und f, Fig. 5 zwischen g und d).

Was nun endlich den einseitigen Verschluss des Tipfels betrifft, so ist im Allgemeinen nicht häufig die dünne Membranlamelle so in der Mitte des Hofraumes stehend, dass diese in zwei gleiche Theile getheilt wird, wie das z. B. die Regel ist bei den Tracheiden des Eichenholzes (Taf. XIII Fig. 10 und 12). Doch findet man im Herbstholz der Kiefer diese Stellung ohne Mühe auf (Taf. IX Fig. 12). Zuweilen hat sich die Grenzlamelle der einen Wandung nur bis zur Mitte angelegt und die Hälfte derselben spannt sich frei in einer gewissen Entfernung von der Oeffnung vor dieser aus (Taf. XI Fig. 3 b. c. oben). Die Regel wird dadurch gebildet, dass diese Lamelle nicht nur sich vollständig der einen Wand des Hofraumes anlegt, sondern, wie es scheint, mit derselben so innig verschmilzt, dass eine Trennung optisch nicht von dieser möglich ist. Da, wo dieselbe vor der Oeffnung des Hofraumes ausgespannt ist, erweitert sie sich

sehr oft über die Grenze des Hofraumes hinaus in den Gang der Tipfelöffnung (Taf. VI Fig. 6 ae) und diesem Umstande schreibe ich es zu, dass so häufig diese Schliesshaut im Raume der Tipfelöffnung als eine scheinbar verdickte Scheibe von etwas geringerem Durchmesser sich zu erkennen giebt (Taf. VI Fig. 5). Zuweilen ist sie in der That in der Mitte auffällig verdickt (Taf. X Fig. 6 b). Es scheint, dass die Schliesshaut nicht allein am Rande der Tipfelöffnung innig verwächst mit der innersten Wandungsschicht der Zelle, sondern auch deren chemische Eigenschaften annimmt. Sie bleibt nämlich dann, wenn alle übrigen Wandtheile aufgelöst werden und die innerste Grenzschicht bis zuletzt sich erhält, ebenfalls erhalten, zeigt wie diese deutliche Körnelung (Taf. VI Fig. 5 g, 6 g und cd). Bereits in meinen „Wichtige Krankheiten der Waldbäume" habe ich auf diese Körnelung der Schliesshaut aufmerksam gemacht und dieselbe Taf. III Fig. 18 gezeichnet. Besonders im Herbstholze besitzt der Tipfelkanal keinen runden, sondern einen spaltenförmigen Durchschnitt. Es hängt dies innig mit der spiraligen Structur der mittleren Zellwandschicht zusammen. Es mag das Gesagte vorläufig genügen, um auf den Bau der Zellwandung der Nadelholztracheiden aufmerksam zu machen.

Die Verschiedenheiten im Bau der Markstrahlen sind so bekannt, dass hier nicht der Ort ist, auf dieselben näher einzugehen.

TRAMETES RADICIPERDA.

(Polyporus annosus Fr. ?)

Tafel I—IV.

Wie ich bereits besprochen habe, nannte man bisher alle Krankheitsprocesse in Fichtenbeständen, die sich in einem Faulen des Holzkörpers äusserten, Rothfäule. Ich habe zur Erforschung dieser sogenannten Fichtenrothfäule mich längere Zeit im Harze, im Wesergebirge, im Elm und in anderen Waldgegenden aufgehalten und gefunden, dass in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle, in denen ich zu „rothfaulen" Fichtenbeständen geführt wurde, die Trametes radiciperda die Ursache der Krankheit war. Wie dieser Parasit somit wohl der gefährlichste Feind der Fichte aus dem Pflanzenreiche genannt werden muss, so gilt dasselbe für sein Verhältniss zur Kiefer. In den Kiefernforsten der Mark, Pommerns (incl. Rügen), sowie des ganzen norddeutschen Flachlandes überhaupt ist dieser Pilz vielleicht zu gleichen Theilen mit der sog. Wurzelfäule (siehe Artikel: Wurzelfäule) Veranlassung zu dem so häufig zu beobachtenden Lückigwerden der Bestände schon in frühem Lebensalter. Auch in mehreren kleinen Beständen der Pinus Strobus bei Eberswalde übt der Parasit seine verderbliche Wirksamkeit so intensiv, dass ich z. B. aus einem 25jährigen, nur etwa 6 Ar grossen Bestande des hiesigen alten Forstgartens allein im letzten Winter 15 meist dominirende abgestorbene Bäume musste fällen lassen. In der Umgegend von Eberswalde zeigt sich der Parasit auch dem Wachholder höchst verderblich und findet man oft in grosser Anzahl abgestorbene Büsche davon vor, an deren Wurzeln der Parasit zu finden ist. Ob auch die Lärche und Weisstanne von diesem Parasiten heimgesucht wird, kann ich nicht sagen, da mir zu wenig Gelegenheit in den letzten Jahren sich geboten hat, diese Holzarten zu beobachten, doch möchte ich dies als sehr wahrscheinlich bezeichnen. Unter den Laubhölzern ist es nur die Gattung Crataegus, die nach sicheren eigenen Beobachtungen durch den Pilz getödtet werden kann, ausserdem habe ich an einzelnen Exemplaren von Sorbus aucuparia, Betula und Fagus denselben angetroffen, jedoch ohne in diesen Fällen mit Bestimmtheit nachweisen zu können, dass die getödteten Bäume nicht durch andere Ursachen zum Absterben veranlasst worden waren, und nur zufällig dieser Pilz als Saprophyt sich daselbst angesiedelt hatte. Dass ein ächter Parasit nebenbei auch als Saprophyt sein Leben fristen kann, habe ich bereits für Agaricus melleus nachgewiesen und bleibt desshalb diese Annahme auch für Trametes radiciperda nicht ausgeschlossen. So viel steht fest, dass ich trotz der sorgfältigsten, seit 5 Jahren fortgesetzten Beobachtungen im Walde bei Gelegenheit meiner Reisen, Excursionen und Jagden in Laubholzwaldungen den Pilz nur ganz vereinzelt aufgefunden habe und ihm eine forstliche Bedeutung nur für die Nadelholzwaldungen zuschreiben kann. Es ist dies insofern von praktischer Bedeutung, als damit der Aufforstung solcher Nadelwaldungen, die durch den Parasiten devastirt worden sind, mittelst der Rothbuche der Vorzug eingeräumt werden muss, wo nicht andere wichtige forstliche Rücksichten den Wiederanbau mit Nadelholz nothwendig oder zweckdienlicher erscheinen lassen.

Letztere sind voraussichtlich auf dem durch den Pilz vergifteten Boden der Gefahr der Ansteckung sehr exponirt, wie wir dies später näher darthun werden.

Schon in sehr jugendlichem Alter sind die genannten Nadelholzbäume der Gefahr der Infection durch den Parasiten ausgesetzt. Kiefern von 4—5jährigem Alter können durch ihn getödtet werden, am häufigsten habe ich die Krankheit in devastirendem Massstabe in 40—60jährigen Fichten- und Kiefernbeständen beobachtet, doch sind auch die höheren Altersstufen keineswegs verschont.

Irgend einen Einfluss des Standortes auf das Auftreten der Krankheit nachzuweisen, ist mir bisher nicht geglückt. Sie zeigt sich ebenso häufig auf den mineralisch kräftigsten Gebirgsböden, wie den ärmsten Sandböden der Mark, auf trockenen und frischen Böden, im Flachlande und im Gebirge, und habe ich nicht nur Gelegenheit gehabt, in den Vorbergen des Harzes, des Thüringerwaldes, des Wesergebirges u. s. w. meine diesbezüglichen Forschungen anzustellen, sondern noch jüngst in den bayerischen Alpen, in den Waldungen zwischen Schliersee und Tegernsee die dortigen Forstbeamten auf das Auftreten der Krankheit an Ort und Stelle aufmerksam zu machen.

Soweit eigene Beobachtungen nicht reichen, bin ich durch zahlreiche Zusendungen erkrankter Pflanzen resp. Wurzeln in die Lage versetzt, mitzutheilen, dass die geographische Verbreitung der Trametes radiciperda eine ungemein grosse ist. Sie dürfte ganz Deutschland umfassen und sind mir auch aus Frankreich sehr interessante Mittheilungen zugegangen. Insbesondere theilt Herr de Jubainville, Sousinspecteur des forêts aus Valenciennes mir einen Fall mit, in welchem ein Kiefernwald durch den Parasiten in wenig Jahren in empfindlichster Weise beschädigt worden ist*).

Die Krankheit, welche durch die Thätigkeit der Trametes radiciperda hervorgerufen wird, giebt sich in etwas verschiedener Weise bei Fichte, Kiefer und Weymouthskiefer zu erkennen. Ich werde voranstellen eine Beschreibung des Processes bei der Fichte, und werde die bei den beiden anderen Holzarten zu beachtenden Modificationen nachfolgen lassen. An jüngeren erkrankten Bäumen erkennt man oftmals nicht eher die Gegenwart des Parasiten, als bis die befallene Pflanze vertrocknet. Im Sommer geschieht dies so schnell, dass an den mitten im Triebe stehenden Pflanzen die noch unfertigen neuen Triebe plötzlich welken, sich umbiegen und mit der ganzen Pflanze vertrocknen, in anderen Fällen erkennt man das Kränkeln der Pflanze an der Kürze der letztjährigen Triebe, worauf dann im Herbst oder besonders im nächsten Frühjahre vor dem neuen Treiben Bräunung und Tod der ganzen Pflanze eintritt. Es unterscheidet sich in diesen Symptomen die Krankheit durchaus nicht von dem sog. Harzsticken, hervorgerufen durch Agaricus melleus. Die Schnelligkeit im Verlaufe der Krankheit hängt, wie ich später nachweisen werde, von dem Orte ab, wo die Infection der Pflanze stattgefunden hat. In den Fällen, in denen eine Wurzel nahe dem Wurzelstocke inficirt wird, hat die Krankheit einen schnellen Verlauf. Ich habe 6 etwa 2—3 m. hohe Kiefern in dieser Weise künstlich inficirt und starben davon 4 Exemplare binnen $1^1|_2$ Jahren unter allen Symptomen der Krankheit ab. In einem älteren, 40jährigen Fichtenbestande auf ausgezeichnetem Boden habe ich einen im September bereits völlig entnadelten, von dem Parasiten getödteten Baum gefällt, der noch in demselben Jahre einen Trieb von 0,6 m. Länge entwickelt, der also sicherlich noch im Frühjahre desselben Jahres keine Spur der Krankheit äusserlich zu erkennen gegeben hatte. Ich bemerke schon hier, dass in Kiefernstangenorten auf sehr dürftigem Boden die Erkrankung eines Theiles der Wurzeln schon längere Zeit vor dem Tode ein offenbares Kümmern der Krone zur Folge hat, doch scheint auch in diesem Falle ein Zeitraum von mehr als 2—3 Jahren zwischen sichtlichem Erkranken und Vertrocknen nicht zu vergehen. Die Krankheit hat also einen im Allgemeinen rapiden Verlauf und ist dadurch schon verschieden von dem langsamen Hinsiechen der Bäume auf nahrungsarmen, auf zu trockenen oder zu nassen Böden.

Ich bemerke schon hier, dass in Fichtenbeständen mir nur zwei Parasiten der Wurzel bekannt sind, welche ein Absterben und Dürrwerden der Bäume veranlassen; es ist Trametes radiciperda und Agaricus melleus. In Kiefernbeständen kommt hierzu noch eine in Bodenzuständen begründete Krankheit, die Wurzelfäule hinzu, wesshalb das Erkennen der Krankheitsursachen in letzteren Beständen schwieriger ist, als in Fichtenorten. Ein höchst beachtenswerther Charakter der Krankheit liegt in der schon auf den ersten

*) Eine eingehende Beschreibung dieses Falles findet sich in der Société Linnéenne du Nord de la France Nr. 32: Invasion du Trametes radiciperda dans une pineraie de la forêt communale de Marchiennes.

Blick auffälligen ansteckenden Wirkung derselben. Nur selten findet man einen einzelnen Baum im Bestande abgestorben, meist in der Nähe desselben einen zweiten oder mehrere, die schon früher vertrocknet oder erst später erkrankt und vielleicht noch nicht abgestorben sind. Dieses Absterben der Nachbarbäume, welches auch dann nicht aufhört, wenn die trockenen Bäume, wie das im geregelten Wirthschaftsbetriebe alljährlich zu geschehen pflegt (Totalitätshauung), gefällt werden, veranlasst die Entstehung von Bestandeslücken und Blössen, die alljährlich durch Absterben der Randbäume an Grösse zunehmen. Es entstehen in Fichten- und Kiefernstangenorten auf diese Weise oft in einem Zeitraume von nur 5—10 Jahren Blössen von 10 Ar und mehr Grösse. Es kann in wenigen Decennien der schönste, geschlossene Bestand völlig devastirt werden, indem allmählig mehr solcher Stellen auftreten und somit grössere Bestände allseitig durchfressen und durchlöchert werden.

Rodet man noch stehende Stämme oder Stöcke solcher in den letzten Jahren abgestorbenen und gehauenen Fichten aus dem Boden, so findet man am Wurzelstocke (Taf. I Fig. 1) oder an den Wurzeln sowohl den stärkeren, als den schwächeren Seitenwurzeln (Taf. I Fig. 3, 5—7) die schneeweissen, sehr verschieden gestalteten Fruchtträger des Parasiten, deren specielle Beschreibung noch folgen wird. In lockerem Boden sind dieselben häufiger entwickelt, als in festem Boden, da nur in freiem Raume deren Ausbildung möglich ist. Die Untersuchung der Wurzeln und des Wurzelstockes ergiebt, dass das Holz vollständig verfault und zwar, soweit es den Wurzeln angehört, sehr nass ist. Auf der Rinde der Wurzeln sieht man oft nur spärlich, zuweilen sehr zahlreich zwischen den Rindenschüppchen kleine gelbweisse Pilzpolster zum Vorschein kommen, deren Grösse und Form sehr verschieden ist (Taf. I Fig. 9f). Hebt man die betreffenden Rindenschüppchen mit dem Messer ab, so bemerkt man, dass jene kleinen Polster nur die Endigungen zarter, weisser Pilzhäute sind, die ganz glatt, papierartig, ja oft nur einem Schimmelanfluge gleich sich zwischen den Rindenschuppen von innen aus entwickelt haben und hier und da verästeln (Taf. II Fig. 1, 2 und 3).

Die kleinen, an Grösse zwischen Stecknadelknopf und Linse stehenden, gelbweissen Pilzpolster sind die besten Erkennungszeichen für die Gegenwart des Parasiten, da nicht immer, zumal bei erst kürzlich erkrankten oder abgestorbenen Bäumen aus diesen Polstern die Fruchtträger hervorgegangen sind. Bäume, welche durch Agaricus melleus getödtet sind, zeigen dagegen zwischen Holz und Rinde die bekannten, oft die Dicke eines Millimeter, mindestens aber die eines Kartenblattes erreichenden Bänder der Rhizomorpha subcorticalis und äusserlich die den Faserwurzeln ähnlichen verästelten Stränge der Rhizomorpha subterranea.

Dagegen zeigt Trametes radiciperda zwischen Holz und Bast gar kein, oder nur ein äusserst feines, einem Schimmelanfluge ähnliches Mycel. Geht man an den Rand der inficirten Bestandesblösse und untersucht diejenigen Bäume, die noch scheinbar völlig gesund oder doch erst wenig erkrankt sind, rodet einen oder mehrere solcher Bäume, so findet man mit Leichtigkeit diejenigen Wurzeln dieser Bäume, die von der Krankheit bereits ergriffen sind. Es ist mir kein Fall vorgekommen, in welchem es nicht die dem Infectionsheerde zugekehrten Wurzeln des Baumes gewesen wären, die sich als erkrankt erwiesen. Niemals habe ich in solchen Fällen einen Baum gefunden, dessen Wurzeln auf der Seite der Blösse gesund, auf der Bestandesseite sich erkrankt gezeigt hätten. Nur dann, wenn Wurzeln abgestorbener Bäume über die Blösse hinaus in den Bestand sich erstreckten, fand ich an den Wurzeln Infectionsstellen, wie ich eine solche Taf. I Fig. 10 dargestellt habe. Es kreuzt hier die Wurzel *a* eines mit Trametes radiciperda behafteten Baumes die Wurzel *bb* eines gesunden Baumes bei *c*, indem sie über derselben liegt, ohne mit ihr verwachsen zu sein. Von der Berührungsstelle aus, also auf der Oberseite der gesunden Wurzel hatte sich der Parasit nach beiden Seiten hin, nahezu auf 1 dm. Entfernung bereits verbreitet und den Tod der Bastschicht auf dieser Seite zur Folge gehabt. Durch Contact der Wurzeln eines gesunden Baumes mit den verpilzten Wurzeln eines erkrankten oder bereits getödteten Baumes findet die Infection unter der Erde statt, die selbstredend noch erleichtert wird, durch Verwachsung der Wurzeln, wie dies im Boden vielfach vorkommt. Der Tod der Wurzeln, herbeigeführt durch die Vegetation des Pilzmycels, verbreitet sich von der Infectionsstelle sowohl in der Richtung zum Baume hin, wie zur Wurzelspitze. Ich habe Taf. I Fig. 9 einen Fall dargestellt, in welchem der Pilz von der Spitze einer Wurzel zur Basis fortwächst, also von links nach rechts in der Zeichnung. In die stärkere Wurzel mündet eine schwächere Seitenwurzel in spitzem Winkel. Nachdem das Pilzmycel die Gabelstelle erreicht hatte, war dasselbe nicht allein in der bisherigen Richtung an der

stärkeren Wurzel der Basis des Stammes zu bis in die Nähe von *d* fortgewachsen, sondern war auch auf die Seitenwurzel hinübergetreten und hatte sich hier in entgegengesetzter Richtung bis nach *e*, also ebenso weit und schnell von der Gabelstelle aus nach rückwärts, wie von dort auf der stärkeren Wurzel nach vorwärts weiter entwickelt. Die dünnere Seitenwurzel von der äussersten Spitze bis zur Stelle bei *e* war noch völlig gesund, desgleichen die stärkere Wurzel von *a* bis zum Stamme hin. Das Vorstehende dürfte zugleich der beste Beweis für den ächten Parasitismus des Pilzes sein und jede Discussion über primären und secundären Charakter des Pilzes von vornherein ausschliessen.

Lässt man erkrankte oder getödtete Fichten fällen, zerschneiden und aufspalten, so erkennt man den Entwicklungsgang des Zersetzungsprocesses, wie dieser durch das Mycel des Parasiten hervorgerufen wird. Von der inficirten Wurzel aus greift die Holzzersetzung stammaufwärts schreitend (Taf. II Fig. 12) immer weiter um sich, zunächst in der Regel in der Längsrichtung der Fasern schnell voraneilend. Es hängt von der Infectionsstelle ab, auf welcher Seite des Baumes die Fäulniss nach oben steigt, ob sie nahe dem äusseren Umfange oder näher dem Centrum des Stammes sich zeigt. Während die Zersetzung im Stamme emporsteigt (Taf. II Fig. 11), breitet sie sich auch in horizontaler Richtung aus, so dass häufig nur die der inficirten Seite entgegengesetzte Baumseite bis zuletzt von der Fäulniss verschont bleibt (Taf. II Fig. 13). Bis zum Eintritt des Todes kann an älteren (60jährigen) Fichten die Fäulniss zu einer Höhe von 6—8 m. emporgestiegen sein und zeigt dann alle verschiedenen Stadien der Zersetzung, wenn man von oben nach unten dieselben mit einander vergleicht. Das erste Stadium der Zersetzung äussert sich darin, dass in dem gelblich-weissen gesunden Holze schmutzig violette Streifen in der Längsaufsicht, unregelmässig geformte Flecke oder Halbringe im Querschnitt auftreten (Taf. III Fig 1). Etwa 1—2 m. unter der höchsten Stelle, bis zu welcher die Zersetzung an dem in Tafel II Fig. 11 verkleinert dargestellten, etwa 40jährigen Fichtenstamme emporgestiegen war, geht die violette Farbe in eine völlig ausgebleichte, hell gelblich-weisse Farbe über, die noch heller ist, als die gesunde Holzfarbe. Diese hellen Partieen sind eingefasst von violettem Rande, da ja die Krankheit sich in horizontaler Richtung im Stamme ebenfalls verbreitet, also die äusseren Theile noch jüngere Zersetzungsstadien darstellen. Die ausgebleichte Farbe geht schnell in eine etwas bräunlich-gelbe (Taf. III Fig. 3) oder selbst in eine hellbraune Farbe Fig. 2 über, und treten in dem bräunlichen Grunde zahlreiche kleine schwarze Fleckchen auf, die besonders auf der innersten Grenze der Jahresringe, im lockersten Frühjahrsholze zahlreich zu finden sind, auf der concaven Tangental(Wölb)fläche Fig. 2 links desshalb vorzugsweise häufig erscheinen.

Viele dieser länglichen schwarzen Flecke verschwinden später wieder, ohne Spuren zu hinterlassen, eine grosse Anzahl derselben und zwar besonders die grösseren umgeben sich alsbald mit einer weissen Zone (Fig. 3) und sind diese hellen Flecke mit schwarzer Mitte das beste Kennzeichen dieses Zersetzungsprocesses im Fichtenholze. Die schwarzen Flecke gehen mit fortschreitender Zersetzung fast sämmtlich verloren, doch findet man selbst im völlig zerfaserten und verpilzten Zustande (Fig. 4) noch einzelne derselben vor. Die weissen Flecke vergrössern sich, fliessen oftmals zusammen, das Frühlingsholz jedes Jahrringes verwandelt sich vollständig zu einer weissen lockeren Substanz, die zuletzt die gelbliche, dazwischen noch übrig gebliebene fasrige Holzsubstanz überwiegt (Fig. 4). Ein solches Holzstück, wie es Fig. 4 dargestellt ist, schrumpft im trocknen Zustande auf die Hälfte oder ein Drittel des früheren Volumens zusammen und ist dann federleicht. Im nassen Zustande lässt es sich mit Leichtigkeit zerfasern und bildet eine Substanz von der Wassercapacität und den Eigenschaften eines Badeschwammes. Es war mir selbstredend nicht möglich, Untersuchungen über den Wassergehalt der Hölzer im frischen Zustande anzustellen. Dagegen hat Herr Dr. Daube die Güte gehabt, das specifische Gewicht des gesunden Fichtenholzes und des Zustandes in Fig. 2 und Fig. 3 genau zu ermitteln. Es sind von diesen Zersetzungszuständen auch chemische Analysen ausgeführt, über die ich später berichten werde. Durch mehrtägiges Trocknen des Holzes bei 110° verlor das lufttrockne gesunde Fichtenholz 11,19 %, das schwarzfleckige Holz (Fig. 2) 11,42 %, das schwarz- und weissfleckige Holz Fig. 3 10,85 % Wasser, Zahlen, die ich hier nur anführe, um daran die Bemerkung zu knüpfen, dass aus ihnen keinerlei Schlussfolgerungen auf den Wassergehalt des faulen Holzes im frischen Zustande gezogen werden können.

Das specifische Gewicht des möglichst ausgetrockneten, aber immerhin nur lufttrocknen Holzes

betrug im gesunden Zustande 0,53, in dem Taf. III Fig. 2 dargestellten Zustande 0,33 und in dem Fig. 3 gezeichneten Grade der Zersetzung 0,30. In Bezug auf letztere Zahl muss allerdings bemerkt werden, dass durch das Trocknen das Volumen dieses Holzes sich erheblich mehr als das gesunde Holz vermindert hat, dass also der Substanzverlust der Gewichtseinheit gesunden Holzes in Folge der Zersetzung thatsächlich noch grösser gewesen ist, als sich aus obigen Zahlen ergiebt. Berechnet man den Gewichtsverlust auf 100 Gewichtstheile gesunden Holzes, so haben sich diese beim schwarzfleckigen Zustande auf 62,3, beim schwarz- und weissfleckigen auf 56,6 Gewichtstheile und bei Berücksichtigung des höheren Schwindeprocentes zersetzten Holzes in der That noch stärker vermindert. Wie oben schon bemerkt, schrumpft das Holz in den letzten Zersetzungsstadien (Fig. 4) so sehr zusammen, dass aus der Bestimmung des specifischen Gewichtes keine verwerthbaren Zahlen zu erwarten standen.

Besonderer Erwähnung bedarf noch das Verhalten des Terpentinöles und Harzgehaltes bei der Zersetzung. Das zersetzte Holz ist im Allgemeinen als arm an diesen Stoffen zu bezeichnen und zwar in Folge davon, dass das Terpentinöl aus dem zersetzten Holze zum grossen Theil nach den noch gesunden Holztheilen entweicht und sich in den äusseren Jahrringlagen im Inneren der Holzfasern und in den Markstrahlen tropfenweise an den Wandungen niederschlägt. Es entsteht dadurch oftmals eine so verharzte Zone auf der Grenze zwischen dem gesunden und kranken Holze, dass diese, wie Fig. 2 zeigt, scharf markirt und das Weiterschreiten nach aussen zum mindesten sehr verlangsamt wird. Ist die Fäulniss so weit nach aussen vorgedrungen, dass nur noch ein wenige Centimeter breiter gesunder Splintstreifen vorhanden ist, dann erscheint die äusserste Zone des zersetzten Holzes oft sehr dunkel gefärbt. Ich werde später dies erklären aus dem reicheren Gehalt dieser Schichten an Zelleninhalt der Markstrahlen. In solchen Fällen und auch dann, wenn auf einer Seite des Baumes die Fäulniss bis an den Bast und die Borke von innen vorgerückt ist, ergiesst sich das Terpentinöl frei nach aussen, zuerst zwischen Holz und Rinde, und dann aus Rinderissen frei nach aussen. Es tritt aus scheinbar unverletzter Rinde energischer Harzfluss auf, ein sicheres Zeichen innerlich weit vorgerückter „Rothfäule". Dieser „Harzfluss" wird sich nahe dem Wurzelanlauf des Stammes auf derjenigen Seite zuerst zeigen, auf welcher die inficirte Wurzel sich befindet, da hier (Taf. II Fig. 11 und 13 c) die Fäulniss am ältesten, also auch nach aussen am weitesten vorgeschritten ist. Haut man an solchen Harzflussstellen mit der Axt einen Spahn aus dem Holze, so entdeckt man stets unter einer oft noch vorhandenen schmalen gesunden Holzschicht das faule Holz, der Peripherie des Stammes sehr nahe gerückt.

Der Verlauf der Krankheit ist bei der Weymouthskiefer dem geschilderten ganz gleich, nur mit dem Unterschiede, dass die Färbung des gesunden Holzes Taf. III Fig. 5 zuerst in eine eigenthümlich fleischrothe Farbe übergeht, die dann einer bräunlich-gelben Platz macht. Schwarze oder weisse Flecke habe ich dagegen nie zu beobachten Gelegenheit gehabt. Auch habe ich nie Harzfluss gesehen, wohl aber grössere Stellen im Baume (Taf. II Fig. 14 b), welche durch Terpentin und Harz so vollständig durchtränkt waren, dass sie sogenannten Speckkien bilden und der Zersetzung fast völligen Widerstand leisten. Das aus den sich zersetzenden Holztheilen flüchtende Terpentinöl wird hier gewissermassen von allen Seiten eingeschlossen, ohne entweichen zu können. Es sind, wie aus dem dargestellten Verhalten des Terpentins hervorgeht, auch keineswegs die innersten Theile, die sogar in Fig. 14 bei *a* noch gesundes terpentinarmes Holz zeigen, sondern es sind mehr der Rinde nahe gelegene Holztheile, die Verharzung zeigen.

Einen in den ganzen Verlauf der Krankheit tief eingreifenden Einfluss übt der reiche Terpentingehalt der gemeinen Kiefer aus.

Hat die Infection einer Kiefer an einer Wurzel (Fig. 15 a) stattgefunden, so steigt der Zersetzungsprocess fast niemals im Stamme höher empor, als in den Stock, und auf der Abhiebsfläche des getödteten Baumes erkennt man nur einen oder einige hell braungelbe Flecke. Dagegen zeigt sich ein grosser Theil des Wurzelstockes vollständig verkient (Fig. 15 b). Wir werden später sehen, dass der Parasit durch seine Thätigkeit im Bastgewebe den Tod des Baumes ebenso schnell herbeizuführen vermag, wie bei der Fichte, dass aber ein Empordringen des Pilzmycels im Holzkörper kaum über die Wurzeln hinaus ermöglicht wird. Da der Terpentingehalt des Wurzelstockes der Kiefer an sich schon ein grosser ist, so veranlasst die Vermehrung desselben durch den aus den erkrankten Theilen entweichenden Terpentin eine voll-

ständige Verkienung des Wurzelstockes. Das erkrankte Kiefernwurzelholz zeigt die Taf. III Fig. 6 dargestellte Färbung und dabei eine fasrige Struktur.

Ich gehe nun über zur Beschreibung des Parasiten, seines Myceliums, seiner Fruchtträger und seiner Lebensweise. Es mag hier zunächst über die Synonymik mitgetheilt werden, dass es mir im Jahre 1873, als ich den Parasiten zuerst auffand und beschrieb, theils bei dem damals noch unvollständigen Material, theils in Folge der kurzen Charakteristik in „Fries, Systema mycologicum" und „Fries, Epicrisis" nicht gelang, denselben zu bestimmen. Nach der neusten, 1874 erschienenen Auflage von Fries, Epicrisis scheint es kaum zweifelhaft, dass unser Pilz identisch ist mit der Species, welche als Polyporus annosus Fr., als Polyporus subpileatus Weinm., Polyporus serpentarius Pers., Polyporus resinosus Rostk. bereits mehrfach, wenn auch allerdings immer sehr kurz beschrieben worden ist. Die Beschreibung lautet daselbst p. 564: Polyporus annosus pileo lignoso, e convexo applanato, rugoso-tuberculoso, sitaneo brunneo sericeoque, hornotino annosoque crusta rigida, glabra, nigricante obducto, intus albo; poris mediis, albidis. Syst. Myc. I, p. 375. Epicr. ed. I, p. 471. —

A. pileo reflexo subpileato, poris obtusis.

P. subpileatus Weinm. P. resinosus Rostk. P. serpentarius Pers.

B. pileo toto resupinato, poris inaequalibus.

P. scoticus Klotzsch.

Ad radices truncorum, praecipue in truncis cavis.

Ich räume demnach selbstverständlich dem Namen Polyporus annosus Fr. oder Polyp. subpileatus Weinm. die Priorität in der Wissenschaft ein und würde kein Bedenken tragen, sofort den von mir gewählten Namen Trametes radiciperda gänzlich zu cassiren, wenn nicht bei den Forstleuten und in der botanischen Literatur dieser Name bereits sich in einer Weise eingebürgert hätte, dass es mir nöthig erscheint, ihn einstweilen festzuhalten. Die Figurentafeln waren bereits gedruckt, als mir die neuste Auflage von Fries, Epicrisis 1874 zu Gesicht kam, sonst würde ich dort die Berichtigung des Namens vorgenommen haben*).

Die Sporen, deren Gestalt eiförmig oder länglicheiförmig ist, deren Länge 5, deren Breite 4 Mik. beträgt, sind farblos (Taf. II Fig. 8) und keimen, wenn man sie aus einem frischen Fruchtträger durch freiwilliges Ausstreuen auf eine Objectplatte gewonnen hat, bereits nach wenigen Stunden im feuchten Raume oder im Wasser. Die in der Zeichnung dargestellten Entwicklungsstufen wurden bereits 24 Stunden nach der Aussaat gewonnen. Eine weitere Entwicklung ausserhalb der Bäume zu beobachten, ist mir nicht geglückt. Die Keimfähigkeit der Sporen auch dieses, wie der meisten Polyporus- und Trametesarten, hängt von ganz besonderen Umständen ab, die nur selten erfüllt werden, da auch unser vorliegender Pilz nur selten sofort keimende Sporen besitzt. Ich habe desshalb in den meisten Fällen die Infectionen der Bäume

*) Die richtige und sichere Bestimmung der Polyporus- und Trametesarten gehört desshalb zu den grössten Schwierigkeiten, weil die constanten Charaktere, die im Bau der Hutsubstanz, der Trama und der Hymenialschicht liegen, bisher fast ganz unberücksichtigt geblieben sind, und dafür die so äusserst variable Grösse, Gestalt und Färbung der Fruchtträger fast allein zur Charakteristik benutzt wurden. Zunächst ist eine Trennung der hierher gehörigen Formen in die Gattungen Trametes und Polyporus nicht möglich, wenn man nicht eine grosse Anzahl der Polyporusarten zu Trametes hinüberziehen will. Als wesentlichster Unterschied beider Gattungen wird angeführt, dass bei Trametes die Hutsubstanz unverändert in Consistenz und Farbe zwischen die Poren sich fortsetze, während bei Polyporus die Zwischensubstanz der Poren von der Hutsubstanz durch Consistenz und Farbe verschieden sei. Hiernach gehört Polyporus annosus unbedingt zu Trametes. Dasselbe lässt sich aber noch für eine Mehrzahl der nachfolgend aufgeführten Polyporusarten behaupten. Es dürfte eine sehr lohnende Arbeit für einen Systematiker sein, diese Gattungen neu zu bearbeiten unter Rücksichtnahme auf die so schönen und mit Leichtigkeit zu beobachtenden anatomischen Merkmale.

Ich gebe nachstehend die wesentlich der älteren Fries'schen Beschreibung entnommene Charakteristik des Polyporus annosus, Bejahrter Löcherpilz, aus Rabenhorst: Deutschlands Kryptogamen-Flora, p. 422 und bitte, dieselbe mit Tafel I, woselbst die Fruchtträger dargestellt sind, zu vergleichen, um zu ersehen, wie wenig dieselbe geeignet ist zur sicheren Erkennung derselben. Es heisst daselbst: „Meist einzeln (?), sehr hart (?), polsterförmig (?), bis 4" breit und fast 3" dick (?), runzlig-höckerig. Dreikantig (?), anfangs braun, seidenglänzend, später glatt, schwärzlich, innen weiss, am Rande stumpf, blass (?), Poren von mittlerer Grösse (?), stumpf (?), weisslich schimmernd (?), innerhalb bräunlich (?).

Am Grunde alter (?) bemooster Stämme, besonders von Buchen (?), Ahorn (?), in Gebirgswäldern. Wenn ich es hiernach nicht vermocht habe, wegen aller der mit einem ? bezeichneten, d. h. nicht zutreffenden oder unbestimmten Angaben den Pilz als Polyporus annosus sicher zu bestimmen, so glaube ich wohl einigermassen entschuldigt zu sein.

nicht durch Sporenaussaat, sondern durch Mycelinfection ausgeführt, die unter Voraussetzung der Verwendung frischen, lebensfähigen Mycels meist vom besten Erfolge begleitet wurden. Ich bemerke, dass ein Vertrocknen des Mycels resp. des mycelhaltigen Holzes dasselbe zu Infectionen untauglich macht, dass man ferner solche Holz- resp. Rindepartieen zur Infection verwenden muss, die noch im ersten Stadium der Zersetzung sich befinden, in denen also das Mycel erst seit kurzer Zeit sich befindet.

Stellt man Holzklötze von soeben gefällten Bäumen, in denen ein Parasit vegetirt, auf einen steinigen oder mit Oelfarbe gestrichenen Boden, welcher die aus dem Holze verdunstende Feuchtigkeit nicht schnell absorbirt, so wächst der Parasit in der Regel bald sehr schön und üppig aus der unteren Schnittfläche hervor, jedoch in der Regel nur da, wo die Zersetzung des Holzes noch nicht sehr weit vorgeschritten war. Hier wird das Mycel noch im Holze reichlich ernährt, wächst üppiger, als in dem stark zersetzten Holze.

Bringt man lebendes Mycelium unseres Parasiten an die gesunde, unverletzte und nur von den obersten Borkenschuppen befreite Wurzel einer Kiefer, indem man ein mycelhaltiges, ganz frisches Rindenstück darauf legt und festbindet, dann feuchtes Moos darauf packt und nun die Wurzel wieder mit Erde bedeckt, so entwickelt sich von der bezeichneten Stelle aus das Mycel in zweifach verschiedener Form im Rinde- und Bastgewebe der Wurzel und im Holzkörper des Baumes. In den Bastkörper eingedrungen, wachsen die Mycelfäden, stets isolirt bleibend, zunächst durch die Markstrahlen in den Holzkörper der Wurzel und in diesem nach allen Richtungen hin sich verbreitend, somit auch im Stamme aufwärts. Die zersetzende Wirkung der Mycelfäden werde ich erst später zu schildern haben, bemerke hier, dass die Hyphen stets isolirt im Holzkörper verlaufen, mit Ausnahme eines speciell zu besprechenden Falles stets farblos sind, selten eine doppelte Contour der Wandung und die sparsame Septirung erkennen lassen.

Der Durchmesser derselben ist sehr constant, etwa 2 Mik. stark, und nur in den letzten Zersetzungsstadien des Holzes entspringen den dickeren Hyphen auch zartere Seitenäste von ca. 1 Mik. Durchmesser. Die Verästelung des Myceliums ist eine reichliche und entspringen insbesondere oft kürzere, rechtwinklig stehende Seitenhyphen, welche die Durchlöcherung der Wandungen an zahlreichen Punkten veranlassen. Nur da, wo in einem gewissen Zersetzungszustande des Fichtenholzes schwarze Flecke sich zeigen, sind die Mycelfäden dunkelbraun gefärbt (Taf. IV Fig. 2 und 7), meist etwas dicker, reich verästelt und auf ihrer Oberfläche eine feine Körnelung zeigend. Während nun das in den Holzkörper eingedrungene Mycel aufwärts wachsend und im Stamme sich verbreitend die Fäulniss desselben erzeugt, hat das Mycel, welches im Bastgewebe weit langsamer sich entwickelt, einen dreifach verschiedenen Effect. Von dem im Bastgewebe wuchernden Mycel drängen sich zahlreiche Hyphen, ein wirres Filzgewebe (Taf. II Fig. 5) darstellend, zwischen die Rindeschuppen. Es entstehen zwischen den Schuppen fortwachsend, die Stärke des dünnsten Seidenpapiers kaum übersteigende Mycelhäute von weisser Farbe, die nur dann für das Auge hervortreten, wenn man die Rindeschüppchen mit dem Messer abgehoben hat (Taf. II Fig. 1 u. 2). Diese äusserst zarten Mycelhäute spalten sich vielfach an der Spitze oder senden Seitenverästelungen aus (Fig. 2 b, c, d), die entweder schon unter den Schuppen sich abrunden und ihr Wachsthum beenden (c. c.) oder über die Grenzen der Rindeschuppen etwas hinauswachsen und auf der Oberfläche der Wurzel zu jenen kleinen gelblich-weissen Pilzpolstern anschwellen (Fig. 2 b), wie ich sie bereits Taf. I Fig. 9 dargestellt und früher besprochen habe. Diese zwischen den Rindeschuppen hervorwachsenden Mycelhäute sind es, welche offenbar die Infection angrenzender gesunder Wurzeln vermitteln, sie sind es aber auch, welche zur Entstehung der Fruchtträger in der näher zu beschreibenden Weise Veranlassung geben. Ich will hier nebenbei erwähnen, dass man sehr häufig auf den getödteten Wurzeln reich verästelte, schmutzig-gelbe Mycelstränge (Taf. II Fig. 1 c) beobachtet, die mich zuerst auf den Gedanken brachten, es seien dies Mycelbildungen des Parasiten, durch welche die Infection auch auf Wurzeln übertragen werden könnte, die nicht in unmittelbarem Contact mit der verpilzten Wurzel stehen. Ich habe mich aber überzeugt, dass dieses Mycel einem fremden Saprophyten, wahrscheinlich einem Agaricus angehört.

Das Rindenmycel hat aber nicht allein die Infection der gesunden Nachbarbäume, nicht allein die Fruchtträgerbildung zur Folge, sondern ist es auch, wodurch der Tod des befallenen Individuums herbeigeführt wird.

Im Bastkörper fortwachsend und diesen tödtend, nähert es sich dem Wurzelstock des Baumes und

nachdem es diesen erreicht hat, benutzt es denselben als Brücke zum Uebertritt auf alle anderen bisher gesund gebliebenen Wurzeln des Baumes. Nachdem diese von der Stammbasis aus sämmtlich durch den Parasiten angegriffen sind, tritt alsbaldiger Tod des ganzen Baumes ein. Ich bemerke jedoch ausdrücklich, dass ich nicht constatiren kann, ob das Vertrocknen des Baumes bereits eintritt nach dem Tödten des ganzen Bastkörpers in der Nähe des Wurzelstockes, oder ob Veränderungen auch des Holzkörpers dieser Wurzeln durch den Parasiten zuvor eingetreten sein müssen. Der Tod des Baumes und das damit verbundene schnelle Abtrocknen des Holzkörpers stört den Fortgang des inneren Fäulnissprocesses und trifft man in der Regel die geschilderten höchsten Zersetzungsstadien (Taf. III Fig. 4) nur in den Wurzeln und im untersten Stammende an.

Die Entstehung der Fruchtträger geht, wie bereits erwähnt wurde, von den, zwischen den abgestorbenen Borkeschuppen nach aussen hervorwachsenden Mycelhäuten aus, kann desshalb an jedem beliebigen Punkte auf den Wurzeln oder am Wurzelstocke stattfinden. Bei der Kiefer und Weymouthskiefer ist es vorzugsweise der Wurzelstock und zwar derjenige Theil desselben, welcher in gleicher Höhe mit der Humus-, Moos- oder Nadelschicht liegt, an welchem die Fruchtträger zum Vorschein kommen (Taf. I Fig. 2 und 4), bei der Fichte sind es in der Regel tiefer liegende Theile, d. h. entweder der in der Erde verborgene Theil des Wurzelstockes (Taf. I Fig. 1) oder die im Boden verborgenen Wurzeln (Taf. I Fig. 3), zuweilen auch flachstreichende Wurzeln (Taf. I Fig. 5 und 6), an denen dieselben entstehen. Ich will jedoch bemerken, dass ich auch an Kiefern in grosser Tiefe, d. h. in 1 m Tiefe Fruchtträger vielfach gefunden habe. Werden Kiefern oder Fichten, die durch den Parasiten getödtet sind, gefällt, so entwickeln sich auf der Hiebfläche des stehengebliebenen Stockes aus dem Holze direct ebenfalls Fruchtträger, durch welche oft die Holzspähne mit dem Stocke eng verwachsen. Ich bemerke, dass ich solche Fruchtträgerbildung aus dem Holze nur dann beobachtet habe, wenn dieses noch nicht in zu hohem Grade zersetzt war. Es wächst also auch bei diesem Pilze wie bei den meisten anderen das Mycelium in feuchter Luft über den Holzkörper hinaus, entwickelt reichliche Fruchtträger, wenn das Holz noch nicht zu sehr in der Zersetzung vorgeschritten ist. Die Zahl der Fruchtträger, die oft in nächster Nähe nebeneinander entstehen, kann eine sehr grosse sein (Taf. I Fig. 2 a), es bilden sich dann traubenförmige Anhäufungen, die nachträglich untereinander zu einem gemeinsamen Fruchtträger verwachsen (Taf. I Fig. 2 b).

Die erste Anlage eines Fruchtträgers, wie sie auf der Oberfläche der Rinde sich bildet, ist in jenen bereits vorerwähnten Mycelhautverästelungen (Taf. II Fig. 2 b) gegeben. Sind die Bedingungen zur Entwicklung dieser zwischen den Rindeschuppen zum Vorschein kommenden Pilzpolster günstig, d. h. ist insbesondere der nothwendige Raum vorhanden, die umgebende Luft feucht, die Ernährung dieser Polster von innen aus eine ergiebige und nachhaltige, kann durch Auseinanderdrängen der Borkeschuppen das Mycelium, welches jene Pilzpolster mit den Bastschichten verbindet, sich kräftig entwickeln, dann schwellen diese Polster an (Taf. II Fig. 3 im Durchschnitt), bilden eine weisse Kugel oder ein mehr ausgebreitetes Polster, das sich zu dem Fruchtträger weiterhin ausbildet. Es ist mir weder geglückt, irgend einen Act geschlechtlicher Art als Ausgangspunkt der Fruchtträgerbildung wahrzunehmen, noch kann ich nach dem soeben Geschilderten der Annahme zustimmen, dass ein solcher Act, wenn auch nicht wahrgenommen, so doch stattgefunden haben müsse. Ich glaube, dass man seiner Phantasie bei dem Aufsuchen geschlechtlicher Processe der Pilze durchaus keinen freien Spielraum gewähren darf, wie das wohl hier und da geschehen ist, dass man vielmehr streng das Thatsächliche darzustellen hat, und dies hat mir bei allen Untersuchungen an Agaricus, Polyporus, Trametes u. s. w. auch nicht den geringsten Anhaltspunkt geboten, das Auftreten geschlechtlicher Processe bei diesen Pilzen mit einiger Wahrscheinlichkeit anzunehmen.

Betrachten wir zunächst den Entwicklungsgang der Fruchtträger im ersten Jahre, oder, richtiger gesagt, in der ersten Vegetationsperiode, so zeigen die in Taf. I Fig. 2 dargestellten Formen zur Genüge, wie durch Verschmelzung und weiteres Wachsthum aus mehreren einzelnen Fruchtträgeranlagen zuletzt ein grösserer Fruchtträger entstehen kann.

Die Substanz derselben besteht aus einem den Mycelhäuten gleich gebildeten verfilzten Hyphengeflecht, in welchem man kaum irgend eine Richtung im Verlaufe der Pilzfäden als prävalirende bezeichnen kann. Auf der Oberfläche der jugendlichen Fruchtträger entstehen in gewisser Entfernung vom Rande des sich nach Erreichung einer bestimmten Grösse vorwiegend flächenförmig ausbreitenden Fruchtträgers die An-

fänge der späteren Porencanäle in Form von abgerundeten Gruben (Taf. I Fig. 2, 3, 5, Taf. II Fig. 4 aa). So lange der Fruchtträger wächst, vergrössert sich derselbe einerseits centrifugal, andererseits dadurch, dass zwischen den zuerst entstandenen und den mit der Flächenvergrösserung auch fernerhin neu entstehenden Grübchen die Hyphen emporwachsen und die Trama, die Zwischensubstanz der Kanäle bilden. Diese Trama besteht aus demselben regellos verfilzten Hyphengewebe (Taf. II Fig. 6), aus dem die eigentliche Hutsubstanz gebildet wird, und müsste demnach der Pilz zur Gattung Trametes gezählt werden. Die Porenkanäle erlangen eine Länge bis zu 0,5 cm. (Taf. I Fig. 7 d) und einen Durchmesser des inneren Kanales von 0,2—0,3 mm., die Hutsubstanz eine Dicke bis zu 0,2 cm. Gegen Ende der ersten Wachsthumsperiode, deren in einem Jahre unter Umständen mehrere eintreten dürften, wenn das Wachsthum durch sehr trockenes Wetter auf einige Zeit unterbrochen wird, verdickt sich der Rand des Fruchtträgers etwas wulstförmig und bleibt frei von Kanälen. Dieser Rand, sowie der ganze Fruchtträger mit Ausschluss der sterilen Seite behalten eine schneeweisse Farbe. Auch der Rand der sterilen Seite (Taf. I Fig. 6 a) pflegt schön weiss zu bleiben. Letztere, soweit sie nicht der Rinde der Wurzel, des Wurzelstockes oder dem Holze aufliegt, besitzt eine chokoladenbraune, durch abwechselnde dunklere und hellere concentrische Zonen bei grösseren freien Flächen ausgezeichnete Färbung (Taf. I Fig. 6 a b). Meist ist allerdings die sterile Seite so unregelmässig, runzlig-höckerig oder mit fremden Gegenständen, Nadeln, Erde, Rindeschuppen (Taf. I Fig. 4, 5, 6 d, 8 a) durchwachsen, dass nur die braune Färbung derselben erkennbar wird. Im jugendlichen Zustande zeigt sie einen gewissen Seidenglanz, der in höherem Alter mit dem Verschwinden der feinen Hyphenspitzen in eine glänzend glatte Oberfläche sich umändert. Untersucht man dieselbe im jugendlichen Zustande, so erkennt man, dass das Filzgewebe (Taf. II Fig. 7 c) nach aussen durch eine dichte, kaum entwirrbare Zone (7 b) braun gefärbter Hyphen begrenzt wird, die dadurch entsteht, dass die Hyphen sich meist parallel zur Oberfläche lagern, ihren Inhalt zum Theil abgeben, der wohl unter dem Einflusse der Luft gebräunt wird. Zahlreiche Hyphen wachsen rechtwinklig durch diese Schicht hindurch (Fig. 7 a) und enden theils mit abgerundeten, theils hakenförmig umgebogenen Spitzen. Diese Haare veranlassen anfänglich den Seidenglanz, der mit dem Verlust der Haare am älteren Fruchtträger sich verliert.

Höchst einfach, ja unter allen von mir untersuchten Polyporusarten sich am wenigsten von der Trama unterscheidend ist die Hymenialschicht, welche das Innere der Kanäle auskleidet. Sie wird dadurch gebildet, dass aus der Trama zahlreiche Hyphenäste nahe der Oberfläche sich rechtwinklig dieser zuwenden (Taf. II Fig. 6), an der Spitze keulenförmig sich verdicken und auf 4 Sterigmen die bereits oben beschriebenen Sporen erzeugen. Es bilden die Basidien auch nicht, wie bei den meisten Polyporusarten eine dicht geschlossene Schicht, stehen vielmehr bedeutend weiter von einander entfernt, wie dies bei Trametes Pini der Fall ist.

Nach einem gewissen Alter wachsen zwischen den Basidien Hyphen in den Kanalraum hinein, welche denselben als lockeren, weissen Filz ausfüllen. Taf. II Fig. 9, 10, Taf. III Fig. 24, 25 in „Wichtige Krankheiten der Waldbäume."

Die Gestalt der Fruchtträger, wie sich solche an älteren Exemplaren zeigt, ist eine sehr verschiedene, jedoch erkennt man stets mehr oder weniger das Bestreben, vorwiegend tellerförmig sich zu entwickeln. Aeussere störende Einflüsse, wie sie an frei erwachsenden Fruchtträgern anderer Polyporusarten nicht oder höchst selten vorkommen, üben fast immer einen Einfluss auf die Gestalt aus. So lange als möglich schmiegt sich der Fruchtträger der Unterlage dicht an (Taf. I Fig. 1), überwächst oder umwächst Erhabenheiten derselben, übersteigt aber die Flächenausdehnung des Fruchtträgers die Dicke der Wurzel, so findet nicht etwa ein Umwachsen, also ein Umbiegen desselben nach rückwärts statt, sondern die Entwicklung geschieht nun frei, so dass die sterile Rückseite zur freien Entfaltung gelangt, wie dies Taf. I Fig. 6 in sehr schöner Weise zeigt. In solchen Fällen nimmt der Fruchtträger zuweilen eine Art von Consolenform an, die aber kaum berechtigt, dem Pilz diese Form als charakteristisch zuzuschreiben. Nicht allein die Verschiedenheiten in der Form und Grösse der Unterlage, die häufigen Verwachsungen mehrerer Fruchtträger, sondern vor Allem die meist räumliche Beschränkung durch Erde, Wurzeln, Nadeln u. s. w. erklären die ungemeine Variabilität in der Gestalt. An mehrjährigen Fruchtträgern wird die Form noch complicirter durch das Wachsthum derselben, welches ein zweifach verschiedenes ist. Einerseits verdickt sich der Fruchtträger auf der die Porenkanäle tragenden Seite, indem die Kanäle durch die bereits

erwähnten Hyphen sich verstopfen und nun eine ganz neue, anfänglich glatte, porenlose Schicht (Taf. II Fig. 9 und 10 b) hervortritt. Häufig entstehen in dieser Schicht keine neuen Porenkanäle wieder, sondern es bildet sich eine sterile braune Grenzschicht (Fig. 9 c) die ebenso gebaut ist, wie die sterile Oberseite der Fruchtträger (Fig. 7). An jedem älteren Fruchtträger sieht man solche gebräunte, durch Zuwachsen der Porenkanäle wieder glatt gewordene Flächen (Taf. I Fig. 1 b, Fig. 5 b).

In anderen Fällen bilden sich in der Schicht b ganz neue Poren, die aber im Gegensatz zum Dickewachsthum anderer perennirender Polyporusarten, ganz unabhängig von den verborgenen vorjährigen Kanälen, und nicht in denselben verticalen Linien entstehen. (Taf. II Fig. 10 c.)

Diese Art des Dickewachsthums wiederholt sich aber selten häufiger als zwei- oder dreimal; es bildet sich dann eine sterile, chocoladenbraune, das weitere Wachsthum beschliessende Schicht Fig. 10 d, die aber oft so dünn ist, dass sie selbst die Porenöffnungen äusserlich noch deutlich erkennen lässt, indem sie sich in diese etwas vertieft.

Die zweite Art des Wachsthums der Fruchtträger besteht in einem fast immer nur auf einzelne Theile des Fruchtträgerrandes beschränkten Auswachsen, gewissermassen einer Entstehung neuer Fruchtträger an den älteren. Taf. I Fig. 4 und 8 zeigt einen solchen älteren Fruchtträger, welcher den ganzen Stamm kranzförmig umschliesst und alljährlich zahlreiche scheinbar selbstständige Fruchtträger (Fig. 4 a) neu erzeugt. Die Flächenausdehnung eines Fruchtträgers kann ausnahmsweise nach einer Richtung bis 0,4 m. erreichen, die Dicke, d. h. die Entfernung von der Rinde der Wurzel bis zur freien Oberfläche der Porenschicht ist oft bei den grössten Fruchtträgern nur bis 5 mm. (Taf. I Fig. 1), bei anderen complicirten Exemplaren von annähernder Consolform bis 5 cm. (Taf. 1 Fig. 8). Wesshalb gerade diesem Pilz der Namen annosus, d. h. bejahrter Löcherpilz, verliehen worden ist, ist mir unbekannt, da ich kaum glaube annehmen zu dürfen, dass ein Fruchtträger älter als etwa 5jährig werden dürfte, während die Fruchtträger vieler anderer Polyporusarten ein weit höheres Alter zu erreichen vermögen. Der Geruch im frischen Zustande ist ein angenehmer, an den des Boletus edulis erinnernder, die Substanz frisch etwa von dem Härtegrade weichen Leders; im trocknen Zustande steigert sich die Härte erheblich.

Der Zersetzungsprocess des Holzes, wie solcher durch die Einwirkung des Pilzmycels erzeugt wird, gestaltet sich bei der Fichte im Wesentlichen, wie ich nachstehend versuchen werde, darzustellen. Die Einwirkung der Pilzmycelfäden auf das Holz ist eine mechanische, eine chemisch verändernde und eine auflösende. Ich bitte, diese Bezeichnungsweise nicht wörtlich nehmen zu wollen. Als mechanisch will ich den Einfluss bezeichnen, der in einer Durchlöcherung der Wandungen besteht, die selbst Folge eines Auflösungsprocesses durch die Hyphenspitze ist. Chemisch verändernd ist die Einwirkung, welche eine Substanzveränderung des Zelleninhaltes oder der Zellwandung zur Folge hat; auflösend diejenige, durch welche ein Verschwinden der Substanz für das Auge herbeigeführt wird.

Die Pilzhyphen, welche im Holze fortwachsen und zuerst in den gesunden Holzkörper gelangen, senden sich häufig verästelnd, seitlich in die Markstrahlen Hyphenzweige aus, die, in diesen fortwachsend, zunächst den Zelleninhalt der parenchymatischen Zellen zu einer braunen Flüssigkeit umwandeln. Es sind die mittleren, keine Hoftipfel führenden Markstrahlenreihen, deren Zellschlauch sich bräunt und dadurch den Beweis der chemischen Veränderung giebt. Stärkemehl, welches in den Zellen vorhanden ist, wird zunächst von der braunen Flüssigkeit umhüllt und dann aufgelöst (Taf. IV Fig. 1). Dieses Stadium äussert sich in der violetten Färbung des Holzes (Taf. III Fig. 1), und ist es mithin im Wesentlichen die Braunfärbung der Markstrahlen, welcher jene Farbe zuzuschreiben ist. Nur die unmittelbar an die Markstrahlen angrenzenden Wandungen der Holzfasern zeigen sich etwas durchtränkt von jener braunen Flüssigkeit, wie in Taf. IV Fig. 1 auf der oberen Querschnittansicht zu erkennen ist. Auch sieht man, dass einzelne dieser Nachbarfasern mit der braunen Flüssigkeit sich angefüllt haben (Fig. 1, Tangentalansicht), die mit grösster Wahrscheinlichkeit in diese durch Bohrlöcher der Pilzfäden eingetreten ist. Es dürfte kaum zu bezweifeln sein, dass dieser Markstrahlinhalt für die weitere Entwicklung des Parasiten von hervorragender Wichtigkeit ist, da insbesondere die darin enthaltenen Proteïnstoffe für den plasmatischen Inhalt der Pilzhyphen sehr nothwendig sind. Es entwickeln sich desshalb auch die Pilzhyphen da, wo reichlich solche Markstrahlflüssigkeit sich darbietet, in besonders üppiger Weise, andererseits wird dieselbe aber auch bald fast völlig verzehrt und verschwindet mit der Markstrahlflüssigkeit die violette oder dunkelgraue Färbung und

macht einer anfänglich blassgelben, bald darauf bräunlich-gelben Färbung Platz. Untersucht man dieses zweite Stadium, das, wie wir bereits früher gesehen haben, durch das Auftreten zahlreicher, besonders im Frühjahrsholze liegender kleiner schwarzer Längsflecke charakterisirt ist (Taf III Fig. 2); so ergiebt zunächst die chemische Elementaranalyse folgendes Resultat im Vergleich zum gesunden Fichtenholze:

Gesundes Fichtenholz:	Krankes Fichtenholz:
48,63% C.	49,24% C.
5,80% H.	5,76% H.
45,18% O (und N).	43,51% O + N.
0,39% Asche.	1,39% Asche.

Berücksichtigen wir nun, dass das specifische Gewicht des gesunden Holzes = 0,53, des kranken Holzes = 0,33, dass mithin das Gewicht eines gleichen Volumens von 100 auf 62,3 gesunken ist, dass bei der Untersuchung gleicher Gewichtsmengen des gesunden und kranken Holzes entsprechend grössere Volumina des letzteren Holzes nöthig waren, so erklärt dies zum Theil den höheren Aschengehalt des kranken Holzes. Jedenfalls ist es nothwendig, dass der Vergleich nur in Bezug auf die aschenfreie Substanz angestellt werde, um den chemischen Effect des Zersetzungsprocesses zu erkennen. Die aschenfreie Substanz enthielt

im gesunden Holze:	im kranken Holze:
48,82 C.	49,99 C.
5,82 H.	5,85 H.
45,36 O (+ N).	44,16 O (+ N).

Unter Ausschluss des H. stellt sich das Versältniss von C zu O (+ N) im gesunden Holze wie 100 : 92,9, im kranken Holze wie 100 : 90,1.

Wir entnehmen aus vorstehenden Ergebnissen, dass bei fast unverändertem Wasserstoffgehalte die Substanz bei der Zersetzung an Kohlenstoff zugenommen hat.

Bleiben wir bei der Betrachtung des chemischen Processes noch einen Augenblick stehen, so ergiebt schon die relativ geringe Veränderung, die wenig mehr als 1% übersteigende Kohlenstoffzunahme, in Berücksichtigung der bedeutenden Substanzverminderung von 100 auf 62,3, dass die Processe nicht allein in einer Vereinigung des Kohlenstoffs und Sauerstoffs zu Kohlensäure, des H und O zu Wasser bestanden haben können. Es würde hierzu weit mehr O erforderlich gewesen sein, als die Substanz besass, es muss O von aussen entweder durch die Wurzeln oder von oben durch die Benadelung dem Bauminneren und dem sich zersetzenden Holze zugeführt sein. Diese Annahme ist nicht allein weit ungezwungener, wie die Annahme, dass die Producte der Zersetzung neben CO_2 und H_2O in Kohlenwasserstoffen bestehen, sie wird auch dadurch bestärkt, dass bei anderen Zersetzungsprocessen im Inneren der Bäume, die wir später kennen lernen werden, die Elementaranalyse des kranken Holzes eine bedeutende Zunahme des Sauerstoffgehaltes nachweist, die doch gewiss für eine Mitwirkung des atmosphärischen Sauerstoffes spricht. Die Entwicklung von Sumpfgas im Inneren lebender Bäume scheint mir aber auch desshalb kaum zulässig, da doch das in grosser Menge entstehende Sumpfgas aus dem Baume auf dem einen oder anderen Wege, durch die Nadeln oder durch die Wurzeln müsste ausgeschieden werden. Dass diese Gase einen schädlichen Einfluss auf das Leben der Nadeln oder Wurzeln würden ausüben müssen, erscheint kaum zweifelhaft. Etwas derartiges ist aber nicht beobachtet worden.

Betrachten wir im Anschluss hieran die anatomischen Veränderungen, die im Holze bis zu dem vorbesprochenen Zersetzungszustande eingetreten sind, so ist zunächst zu constatiren, dass das Mycelium durch reichlich sich entwickelnde Seitenäste die Zellwände mit zahllosen Bohrlöchern versehen hat (Taf. IV, Fig. 2 und 7). Eine Bevorzugung der Tipfel findet hierbei nicht statt. Mit grösster Leichtigkeit wachsen die Hyphenspitzen durch die dicksten Zellwände. Man trifft noch reichliches Mycelium an, oft aber auch Tracheiden, deren Wände siebartig durchlöchert sind, in denen keine Spur mehr von den Pilzfäden aufzufinden ist. Es kann dies nicht auffallen, wenn man bedenkt, dass die Armuth des Holzkörpers an Stickstoffnahrung die im Innern vegetirenden Pilzhyphen zwingt, haushälterisch mit ihrem Plasma umzugehen. Nur die wachsenden, jugendlichen Spitzen der Mycelfäden enthalten Plasma. In allen Holztheilen, die arm an Zelleninhalt sind, wandert das Plasma aus dem älteren, hinterliegenden Theile der Pilzhyphe hinter der Spitze her, so

dass nach einer gewissen Zeit die Hyphen sich entleeren und nunmehr absterben. Die Wandungen der abgestorbenen leeren Hyphen werden der Auflösung selbstredend mindestens ebenso zugänglich sein, wie die Holzzellwände und werden demnach in kurzer Zeit verschwinden. Nur an den durchlöcherten Wandungen erkennt man die Spuren ihrer früheren Gegenwart. Den Holzfaserwandungen ist eine wesentliche Veränderung im Uebrigen noch nicht anzusehen, obgleich zweifellos gewisse Stoffe aus ihnen extrahirt worden sind. Es spricht hierfür die veränderte Holzfarbe, das verminderte Gewicht, die geringere Festigkeit derselben. Untersucht man die schwarzen Flecke, so sieht man, dass dieselben dadurch entstehen, dass die braune Markstrahlflüssigkeit sich zu beiden Seiten eines Markstrahls in die unmittelbar angrenzenden Tracheiden ergossen hat, diese von ihren unteren geschlossenen Enden aufwärts bis zu einer gewissen Höhe ausfüllend (Taf. IV, Fig. 2 und 7). Gelangen Pilzhyphen in diese Organe, dann entwickeln sie sich in Folge der reichen Nahrung ungemein üppig, verästeln sich vielfach, füllen oftmals die Tracheiden, resp. die angrenzenden Markstrahlzellen vollständig aus; selbst die Dicke der Hyphen ist eine bedeutendere und oft sieht man auf ihrer Aussenseite kleine Körnchen, wahrscheinlich von oxalsaurem Kalk, abgelagert, während die Färbung der Pilzfäden selbst eine dunkelbraune wird. So giebt sich der schwarze Fleck gewissermassen als ein Mycelnest zu erkennen.

Gehen wir nun weiter zur Untersuchung desjenigen Zersetzungszustandes, der Taf. III Fig. 3 dargestellt ist, in welchem sich weisse Zonen in der Umgebung der schwarzen Flecke gebildet haben, so will ich auch für diesen Zustand die Ergebnisse der chemischen Analyse voranschicken.

Zunächst ergab die Untersuchung des specifischen Gewichtes eine weitere Verminderung desselben auf 0,30. Allerdings ist diese Substanzverminderung im Vergleich zum vorigen Zersetzungsstadium nicht bedeutend, von 0,33 auf 0.30 gesunken, es darf aber nicht unberücksichtigt bleiben, dass das starke Trocknen eine nicht unerhebliche Volumverminderung (Schwinden) in diesem Zustande nach sich gezogen hat, dass mithin thatsächlich der Substanzverlust ein grösserer gewesen ist, als obige Zahl angiebt. Das in Fig. 4 gezeichnete Zersetzungsstadium repräsentirt eine bereits schwammige Beschaffenheit des Holzes, welche eine Ermittelung des specifischen Trockengewichtes werthlos macht wegen starken Zusammenschrumpfens beim Trocknen.

Die Elementaranalyse für Stadium Fig. 3 ergab:

52,23 % C.	oder aschenfrei
5,57 % H.	52,93 % C.
40,86 % O. + N.	5,63 % H.
1,34 % Asche.	41,42 % O. (N).

Unter Ausschluss des H. stellt sich somit das Verhältniss von C zu O. + N. wie 100 : 78,2. Man sieht, dass gegenüber dem früheren Zersetzungsstadium eine erhebliche Steigerung des procentischen Kohlenstoffgehaltes eingetreten ist, dass der Kohlenstoffgehalt des gesunden Holzes 48.82 % auf 52.93 % sich erhöht hat, dass mithin der chemische Process in seinem Gesammteffect in derselben Weise fortgeschritten ist, wie er angefangen hatte. Die mikroskopische und mikrochemische Untersuchung muss nun getrennt stattfinden in Bezug auf diejenigen Theile des Holzes, welche in der Nähe der schwarzen Flecke eine weisse Färbung annehmen und auf den übrigen Theil des Holzes. Was zunächst die Flecke betrifft, so scheint das Mycelnest, nachdem es die vorhandene Markstrahlflüssigkeit aufgezehrt hat, auf die umgebenden Holzzellen einen Einfluss auszuüben, der weit energischer die Zersetzung fördert, als dies in dem übrigen Holzkörper der Fall ist. Taf. IV Fig. 9 a—g zeigt die chemische Veränderung und Auflösung der Holzfaserwandung innerhalb der weissen Flecke; sie ist charakterisirt durch Eintritt absoluter Farblosigkeit und durch blaue oder violette Reaction auf Chlorjodzink. Man darf desshalb annehmen, dass wir es in dieser weissen Zone mit reiner Cellulosewandung zu thun haben, dass aus der kohlenstoffreicheren Holzsubstanz entweder jene sogenannten incrustirenden Substanzen, durch deren Eintritt in die Cellulosewandung man sich die Verholzung derselben erklärt, extrahirt worden sind, oder dass der Holzstoff, das Lignin, durch die chemische Einwirkung der Pilze in einer Weise umgewandelt wird, dass die Cellulosereaction wieder hervortreten kann, dass also gleichsam der entgegengesetzte Process eintritt, wie derjenige war, durch den Cellulose in Lignin sich umwandelte.

Die Umwandlung in Cellulose erstreckt sich sofort durch die ganze Dicke der mittleren Schicht, lässt die äusserste Wandungsschicht (Primärwandung, Mittellamelle) vorerst unverändert (Fig. 9 b). Die Um-

wandlung kann die eine Seitenwand einer Tracheide bereits betroffen haben, während die andere Hälfte derselben Zelle noch durch Chlorzinkjod gelb gefärbt wird (Fig. 9 b). Erst nachdem die ganze mittlere Zellwandschicht völlig in Cellulose verwandelt ist, verändert auch die äusserste Wandschicht ihre chemische Beschaffenheit und zeigt dann auch Cellulosereaction (Fig. 9 d—e). Inzwischen hat die mittlere Celluloseschicht oft ihr Volumen vielleicht erst durch Quellung im Wasser des Objectträgers vergrössert, da sie sich von der äusseren Schicht vielfach lostrennt (Fig. 9 c und d links) und gewissermassen nach innen einfaltet (Fig. 5 a. a). Der chemischen Umwandlung der äussersten Wandschicht in Cellulose folgt auf dem Fusse die völlige Auflösung dieser Schicht (Fig. 9 e rechts und links, Fig. 5 b) und sind dann die einzelnen Tracheiden ohne jede Verbindung völlig isolirt (Fig. 9 e—g, Fig. 5 d, Fig. 3 zum Theil). Es ist noch zu erwähnen, dass die Schichtung der Wand bei dieser Zersetzungsart ungewöhnlich scharf hervortritt und sich auch mit der zunehmenden Auflösung (Fig. 9 f—g) nicht verliert, bis die Wandung endlich äusserst fein wird und ganz verschwindet. Man kann auf der Grenze des gelben und des weissen Holzes diese Uebergänge leicht verfolgen. Soweit die Färbung eine weisse ist, kann man mit einer Nadel die Tracheiden wie Bündel von Asbestfäden isolirt abtrennen. Mit dem Verschwinden der äusseren Wandschicht, die ja auch den Hofraum des Tipfels im Inneren auskleidet, verschwindet in dem Radialschnitt die scharfe Begrenzung der Tipfel (Fig. 3 und 5), ja zuletzt sieht man nur noch den inneren kleinen Ring, der sich kaum von einem Pilzbohrloche unterscheidet. An Stelle der weissen Flecke entstehen endlich (Fig. 4) Hohlräume, deren Wandungen von weissen isolirten (gleichsam ausgelaugten) Tracheiden bekleidet sind.

Ganz anders gestaltet sich der Zersetzungsprocess in grösserer Entfernung von den schwarzen Mycelnestern in den bräunlich-gelben Holzpartieen. Es ist dieser Process in Fig. 9 zwischen h und p dargestellt.

Zunächst ist beachtenswerth, dass ein Hervortreten der sogenannten Verdickungsschichten nicht stattfindet, dass die Umwandlung in Cellulose keineswegs gleichmässig durch die ganze Zellwandung vor sich geht, sondern immer nur der innerste Theil der Wandung Cellulosereaction zeigt, der dann demnächst die Auflösung folgt. Umwandlung und Auflösung geht langsam, von innen nach aussen fortschreitend, vor sich, wie dies in Fig. 9 die Entwicklungsfolge zwischen h und p darstellt. Die äusserste Wandschicht bleibt bis zuletzt skeletartig übrig, während an den Intercellularräumen am längsten sich Theile der mittleren Wandschicht erhalten. Diese Ecken, welche durch den Zusammenstoss von mehr als zwei Tracheiden gebildet werden, erhalten sich auch bis zuletzt in Form von drei- oder vierseitigen langen, scharfkantigen Leisten (Fig. 4 b, Fig. 6 links, Fig. 9 o. p), wenn die Wandflächen im Uebrigen bereits völlig aufgelöst sind. Es ist beachtenswerth, dass bei diesem von innen nach aussen fortschreitenden Auflösungsprocess die zarte Schliesshaut des Tipfels sowie die Auskleidungsschicht des Linsenraumes sich als höchst widerstandsfähig erweist, dass sie, obgleich unmittelbar jenen auflösenden Wirkungen ausgesetzt, sich dennoch ebenso lange unverändert erhält, wie die äusserste Wandschicht, wo diese von der Mittelwand nach innen gewissermassen geschützt ist. Noch in der Zelle *n* ist dieselbe vorhanden und zeigt im letzten Stadium unmittelbar vor ihrer Auflösung eine feine Körnelung (Fig. 6). Die eigentliche Schliesshaut erhält sich selbst länger, als die innere Auskleideschicht auf derjenigen Seite des Hofraumes, welche nach der Zelle hin geöffnet ist (Fig. 9 zwischen n und o), da eine gekörnelte Haut sich zeigt, während der innere Ring des Tipfels bereits verschwunden ist. Endlich sieht man an Stelle des früheren Linsenraumes nur noch ein entsprechend grosses Loch, ein Beweis dafür, dass der völligen Auflösung der Wand das Verschwinden der Schliesslamelle etwas vorangeht. Fig. 4 zeigt einen Theil des in Taf. III Fig. 4 dargestellten Holzstückes, entnommen der Grenze zweier Jahresringe. Die dickwandige Herbstholzschicht (Fig. 4 c) hat bisher noch am meisten Widerstand geleistet und zwar besonders desshalb, weil deren Organe sich ganz mit Terpentin angefüllt hatten; die innerste, also lockerste Frühjahrsschicht (*b*) ist bereits völlig aufgelöst mit Ausschluss einiger leistenförmigen Ecken, die durch das zarte Pilzgewebe, das an die Stelle getreten ist, in ihrer ursprünglichen Lage festgehalten werden. Unmittelbar vor der Auflösung stehend und nur noch ein zartes Skelet bildend, ist die Schicht *a*, die Markstrahlzellen sind völlig verschwunden. Da das dünnwandige Frühjahrsholz am frühesten der Auflösung unterliegt, so sieht man auch in stark zersetztem Holze diese Schichten sich zunächst in lockeres Pilzgewebe verwandeln (Taf. IV Fig. 4 rechts). Das Herbstholz leistet schon wegen der Dicke der Wandungen an sich etwas längeren Widerstand, ohne dass jedoch eine grössere Regelmässigkeit, ein

Zerblättern einträte. Von den zuerst entstandenen weissen Flecken aus verbreitet sich die Zersetzung insbesondere nach oben und unten schneller, so dass mehr ein Zerfallen des Holzes in lange Faserpartieen stattfindet. Vorzugsweise in den Herbstholzfasern trifft man reichlich Terpentin an. Dieses Terpentinöl, welches sich anfänglich in Tropfenform an den Wandungen niederschlägt, krystallisirt im Inneren der zersetzten Tracheiden in vielen Fällen sehr schön zu zahllosen grösseren und kleineren Terpentinhydratkrystallen (Taf. IV Fig. 8). Es ist dies überhaupt der erste Nachweis des natürlichen Vorkommens solcher Krystalle, die bisher nur künstlich durch längeres Stehenlassen von Terpentin und Wasser hergestellt worden sind.

Die vorstehend mitgetheilten Untersuchungsergebnisse gestatten die Ergreifung von praktisch ausführbaren Massregeln gegen die Weiterverbreitung der Krankheit, wo solche sich eingestellt hat. Das erste Auftreten der Krankheit muss immer darauf zurückgeführt werden, dass von entfernteren Orten Sporen, z. B. mit dem Regen aus der Luft, dem Boden zugeführt sind, dass es einer solchen Spore geglückt ist, auf eine flachstreichende Wurzel zu gelangen, auf dieser zu keimen und den Keimschlauch so zwischen die Rindeschüppchen oder in die noch lebende Rinde einer Faserwurzel eindringen zu lassen, dass dadurch die Infection des ersten Baumes in einem Bestande herbeigeführt wird. Erwägt man, dass die meisten Fruchtträger unterirdisch sich entwickeln, dass nur die am Wurzelstocke über dem Erdboden zum Vorschein kommenden Fruchtträger ihre Sporen in die Luft ausstreuen können, dass es fernerhin doch einem grossen Zufall zugeschrieben werden muss, wenn eine Spore so auf eine Wurzel gelangt, dass sie ihren Keimschlauch in diese einzusenken vermag, dass endlich auch die Keimfähigkeit nur eine gewisse Zeit sich erhält, so erklärt sich die Thatsache zur Genüge, dass im Allgemeinen die Verbreitung der Krankheit weit mehr auf Mycelinfection, d. h. auf Wurzelcontact, wie auf Sporenkeimung beruht, dass die Verbreitung der Krankheit von bestimmten Ausgangspunkten, gleichsam Krankheitsheerden beginnend, kaum einen Baum verschont, der in den Bereich des unterirdisch wuchernden Parasiten gelangt. Es erklärt sich auf diese Weise, dass oft erst in höherem Bestandesalter an einer oder einzelnen Stellen des geschlossenen Bestandes die Krankheit an einzelnen Bäumen sich zeigt, diese tödtet und nun von diesen Ausgangspunkten aus grosse Lücken und Blössen in den Bestand frisst. Hat aber in einem Bestande die Krankheit an einigen Stellen grössere Ausdehnung gewonnen, haben sich damit zahlreiche Fruchtträger an den Stöcken und Wurzeln der getödteten und gehauenen Bäume eingefunden, dann ist selbstredend für den ganzen Bestand auch die Gefahr der Sporeninfection eine grössere geworden. Es kommt dann noch in Bezug auf letztere die Möglichkeit der Uebertragung durch Mäuse und andere im Erdboden lebende Thiere, die, mit den unterirdischen Fruchtträgern in Berührung kommend, anhaftende Sporen später beim Weiterwandern über oder unter der Erde auf gesunde Wurzeln anderer entfernterer Bäume zu übertragen im Stande sind. Thatsächlich sehen wir desshalb auch anfänglich in einem Bestande meist nur eine oder wenige Pilzstellen auftreten, nachdem der Bestand vielleicht 50 und mehr Jahre gesund gewesen war. Sobald aber einmal die erste Stelle sich etwas vergrössert hat, und Fruchtträger in grösserer Anzahl daselbst entstanden sind, zeigen sich plötzlich an verschiedenen anderen Stellen des Bestandes neue Krankheitsheerde und nach einem oder einigen Decennien ist der Bestand nach allen Richtungen hin von dem Parasiten befallen; er wird zerfressen und bald so lückig, dass an vorzeitigen Abtrieb gedacht werden muss, um nicht Alles zu verlieren oder den Boden durch Freilage verwildern zu lassen. Es giebt nun ein in der Praxis sehr leicht ausführbares Mittel, die Verbreitung der Krankheit zu hemmen, welches aber nach dem Vorhergesagten nur von Wirkung ist, wenn es zur Anwendung kommt, so lange nur eine oder wenige Stellen im Bestande inficirt worden sind. Dies besteht darin, dass man die erkrankten Stellen durch schmale Stichgräben isolirt, in diesen, einen Spatenstich breiten Gräben alle Wurzeln durchsticht, resp. durchhaut und somit das unterirdische Weiterwandern des Parasiten an den Wurzeln verhindert. Selbstredend hängt die Tiefe des Grabens ab von Bodenbeschaffenheit, von Bestandesalter u. s. w. und muss eine völlige Isolirung der Bewurzelung erreicht werden. Beim Ziehen dieser Gräben darf man nicht die bereits erkrankten Bäume ausschliessen, sondern mit den todten Bäumen zusammen isoliren. Da fast alle Randbäume pilzkranker Blössen als inficirt angesehen werden können, so zieht man von Anfang an den Graben nicht auf der Grenze der Blösse, sondern mehrere Schritte vom Rande entfernt im Bestande. Beim Durchhauen der Wurzeln erkennen die Waldarbeiter sofort, ob eine Wurzel bereits krank, d. h. getödtet ist, und muss dann der Graben noch etwas

tiefer in den Bestand hineingelegt werden. Wie ich bereits angeführt habe, ist diese Massregel nur so lange ausführbar, als ein Bestand nur wenige kranke Stellen zeigt, später ist nichts mehr zu retten.

Die Versuche, die ich in hiesigen circa 30jährigen Kiefernstangenorten angestellt habe, sind erst seit kurzer Zeit planmässig zur Ausführung gelangt und habe ich dabei verschiedene Methoden zur Anwendung gebracht, die ich anführe, um zu ähnlichen Versuchen an anderen Orten anzuregen.

1. Methode. Ziehung von Isolirgräben in der Umgebung der kranken Stelle innerhalb des Bestandes in einer solchen Entfernung von dem Blössenrande, dass die doppelte mittlere Stammweite als Randstreifen innerhalb des Grabens verbleibt.

2. Methode. Rodung sämmtlicher Bäume am Rande der kranken Stelle auf einem Randstreifen, der die mittlere Stammweite mindestens zweimal erreicht. Mit der Entfernung der Bäume nebst Wurzeln auf einem Randstreifen ist es möglich, dass eine genügende Isolirung herbeigeführt wird, wenn nicht die flachstreichenden Wurzeln sehr weit unter der Bodenoberfläche sich erstrecken, was bekanntlich besonders auf schlechteren Böden oft vorkommt.

3. Methode. Combination von 1 und 2, also Ziehung von Isolirgräben und gleichzeitige Rodung der auf dem verdächtigen Randstreifen stehenden Bäume.

Meine Versuche haben ferner sich auf die Frage der Wiedercultur der entstandenen Blössen resp. eines zum Abtriebe gelangten verpilzten Bestandes erstreckt. Ist ein Bestand so sehr durchfressen, dass der verbliebene Rest, der ja alljährlich durch weiteres Absterben sich noch zu vermindern droht, nicht mehr eine entsprechende Ausnutzung des Bodens erwarten oder gar bei trockneren und leichteren Böden eine wesentliche Verschlechterung durch Freilage befürchten lässt, so wird man insbesondere dann, wenn der Bestand schon älter und das gewonnene Material werthvoll ist, lieber zum baldigen Abtriebe schreiten und gesunde Bäume fällen, als alljährlich die faul gewordenen Bäume ausnutzen, die durch den Pilz getödtet werden. Es bleibt dann ja unbenommen, gesunde Horste versuchsweise stehen zu lassen, nachdem sie zuvor durch Schutzgräben gesichert sind. Es tritt dann die Frage der Wiedercultur an uns heran, wie es ja auch wünschenswerth sein muss, grössere Blössen, wenn wir durch Isolirgräben die Krankheit zum Stehen gebracht haben, mindestens durch Bodenschutzholz gegen Verschlechterung zu schützen. In erster Linie entscheidet hierbei nun der Standort insofern, als wir dadurch oftmals in der Wahl der Holzart beschränkt sein können. Sind die Verhältnisse der Art, dass wir Buche oder Eiche mit Aussicht auf Erfolg anbauen können, so würde erstere Holzart in allen Fällen, die Eiche aber nur dann gewählt werden können, wenn derselben sogleich und für die Folgezeit der genügende Lichteinfluss gesichert ist. Da beide Holzarten durch den Parasiten nicht zu leiden haben, so kann die Cultur sogleich erfolgen. Anders gestaltet sich die Frage dann, wenn der Boden resp. das Klima die bezeichneten Laubhölzer ausschliesst und Anbau durch Nadelholz, Kiefer oder Fichte erfolgen muss. Die Bodenbeschaffenheit wird bei der Wahl zwischen diesen beiden Holzarten selbstredend ebenfalls wesentlich den Ausschlag geben; hiervon absehend, muss aber untersucht werden, ob resp. wie lange wir mit der Cultur zu warten haben, ohne befürchten zu müssen, dass die jungen Pflanzen wiederum von dem im Boden befindlichen Parasiten befallen und getödtet werden. Hierbei ist entscheidend die Bestimmung der Zeit, die verfliessen muss bis zum völligen Absterben des Parasiten an den im Boden verbliebenen Wurzeln und Stöcken. Eine Rodung der Stöcke, an denen sich vor Allem die Fruchtträger und Sporen bilden und ein Verbrennen derselben scheint an sich zweckmässig, doch wird es uns nie gelingen, dies so vollständig zur Ausführung zu bringen, dass nicht noch ein grosser Theil verpilzter Wurzeln im Boden verbleibt. Leider fehlen mir in dieser Richtung noch die nöthigen Anhaltspunkte und Erfahrungen, und steht nur soviel fest, dass reichlich 5—10 Jahre, vielleicht noch längere Zeit vergeht, ehe der Parasit an den Stöcken und an stärkeren Wurzeln seine Entwicklung beendet und abstirbt. Man wird nun aber in der Praxis nicht gut so lange Jahre warten können und wollen, da der Boden in seiner Güte durch die Freilage leiden, auch der Ertragsverlust ein sehr grosser sein würde. Man wird desshalb nach Entfernung der alten Stöcke (die Wurzeln werden in der Regel so faul sein, dass sie nicht mehr die Rodung möglich machen) die Cultur wohl am besten durch Pflanzung zur Ausführung bringen, jedoch derartige Flächen unter sorgfältiger Aufsicht halten müssen. Gerade in den ersten Jahren ist die Gefahr der Infection desshalb die geringste, weil das Wurzelsystem der jungen Pflanzen noch sehr gering, mithin die Wahrscheinlichkeit des Contactes mit verpilzten alten Wurzeln die geringste ist. Inzwischen

verschwinden letztere durch weitere Zersetzung im Laufe der Zeit, und kann ein gesunder Bestand wahrscheinlich erzogen werden, wenn jede abgestorbene Pflanze sogleich nach dem Tode mit ihren Wurzeln ausgezogen wird.

Es sind von mir auf solchen kranken Blössen Fichtenculturen zur Ausführung gebracht, und zwar ohne Stockrodung und nach vorgenommener Stockrodung. Es dürfte wünschenswerth sein, wenn auch in dieser Culturfrage weitere Versuche im Walde ausgeführt würden.

Die Untersuchungsergebnisse bieten aber noch weitere Anhaltspunkte zur Ergreifung von Massregeln gegen das Auftreten resp. die Verbreitung der Krankheit. Erziehung mit Laubholz untermischter Nadelholzbestände ist bereits so oft warm empfohlen worden im Hinblick auf die Vorzüge, die solche Mischbestände gegenüber den reinen Nadelholzbeständen besitzen, dass es nicht uninteressant ist, einen neuen Factor zu diesen Vortheilen hinzufügen zu können. Ich will hier nicht die bekannten Vorzüge der Laubholzeinmischung, bestehend in Erhaltung und Verbesserung der Bodenkraft (in Kiefern- und Lärchenbeständen), Sicherung gegen Sturmschäden, Schneebruch, Feuer u. s. w. besprechen, sondern nur hervorheben, dass ganz analoge Verhältnisse bei den Nadelholzinsecten und den Nadelholzpilzen vorliegen. Wie längst bekannt ist, schützt nichts mehr die Waldungen gegen das allzugrosse Ueberhandnehmen gewisser Nadelholzinsecten, als Untermischung mit Laubholz. In Bezug auf unseren Pilz gilt dasselbe. Wird allerdings auch in Mischbeständen hier und da der Parasit sich einfinden, hier und da auch einige zusammenstehende Nadelholzbäume tödten, so wirkt doch das Laubholz unterirdisch mehr oder weniger isolirend; da nicht ein so ununterbrochener Zusammenhang der Nadelholzwurzeln vorhanden sein wird, wie im reinen Bestande. In der That ist in der Praxis die Erscheinung vielfach von Forstleuten mir bestätigt worden, dass Fichten oder Kiefern mit Laubholz untermischt von der „Rothfäule" fast gar nicht, jedenfalls weit weniger heimgesucht würden, als in reinen Beständen. Wir werden später sehen, dass aus ganz anderen Gründen auch die sogenannte „Wurzelfäule" in Mischbeständen fast gar nicht auftritt. Wo also andere forstliche Gründe nicht zum Anbau reiner Nadelholzbestände zwingen, spricht der Schutz gegen den „Wurzelschwamm" ebenfalls für Anbau resp. Erhaltung mit Laubholz untermischter Bestände.

ERLÄUTERUNG DER ABBILDUNGEN.

Tafel I.

Fruchtträger und Mycelentwicklung von Trametes radiciperda (Polyporus annosus).

Fig. 1. Stock einer seit 2—3 Jahren getödteten 40jährigen Fichte, an welchem ein Fruchtträger seit mehreren Jahren sich entwickelt hat. Die noch weisse offenporige Schicht *a*. *a* hat sich auf der älteren, zum Theil bei *b*. *b* abgestorbenen Fruchtschicht gebildet. Nur ein schmaler Streifen Holz (*c*) ist noch fest, während das Holz im Uebrigen (*d*) völlig zerfasert und mürbe ist. Vergr. $^1/_4$.

Fig. 2. Fünfjährige Kiefer, durch Trametes radiciperda getödtet, mit zahlreichen kleinen, oft traubenförmig zusammenstehenden *a*. *a* und einzelnen grösseren, deutlich die Porenschicht zeigenden Fruchtträgern *b*. *c*. Vergr. $^1/_1$.

Fig. 3. Fichtenwurzel einer noch lebenden, aber erkrankten 60jährigen Fichte mit zahlreichen, theils noch klein kugelförmigen (*a*), theils schon flächenförmig ausgebreiteten (*b*) oder etwas consolförmigen (*d*) oder halbkugelförmigen (*e*) Fruchtträgern. Vergr. 1.

Fig. 4. Stock einer seit mehreren Jahren getödteten, circa 25jährigen Kiefer, an dessen zwischen der Moos- und Nadeldecke liegendem Theile zahlreiche Fruchtträger zu einem Kranze sich vereinigt haben. *a* Die jüngsten, weissen Porenschichten.

Fig. 5. Fruchtträger, der sich an einer flach über dem Boden hinstreichenden Fichtenwurzel entwickelt hat, von der fructificirenden Unterseite gesehen. *a* Der sterile Wulstrand; *b* die poröse Schicht; *c* sterile kaffeebraun gefärbte Theile. Vergr. 1.

Fig. 6. Derselbe von oben gesehen: *a* der weisse Randstreifen; *b* die gebänderte, sammetartige Oberseite; *c* höckrige braune, sterile Theile; *d* die der Wurzel anliegende Fläche.

Fig. 7. Derselbe im Durchschnitte (in Fig. 5 und 6 ist die Richtung des Schnittes angegeben): *a* der sterile Rand; *b* die sterile Oberfläche; *c* zuerst entstandene, zum Theile schon wieder geschlossene Porenkanäle; *d* jüngere, noch offene Kanäle; *e* sterile höckrige Partieen.

Fig. 8. Durchschnitt durch eine Stelle des Fig. 4 dargestellten Fruchtträgercomplexes: *a* sterile buckelige Oberseite; *b* ältere bereits überwachsene Fruchtträger; *c* jüngste Fruchtträgertheile mit offenen Poren. Vergr. 1.

Fig. 9. Wurzel einer inficirten Fichte, die bei *a* und *b* noch völlig gesund ist, während der Parasit von *c* aus sich entwickelt und auf der stärkeren Wurzel bis zu *d* vorgerückt, von der Einmündungsstelle der kleineren Wurzel aus, aber auch rückwärts bis *e*, ebensoweit vorgerückt ist, als auf der Hauptwurzel. Das Mycelium des Parasiten kommt zwischen den etwas verharzten Schuppen der Rinde an zahlreichen Stellen in Form kleiner gelbweisser Polster *f. f* zum Vorschein. Vergr. 1.

Fig. 10. Infection einer gesunden Fichtenwurzel *b. b* durch Contact mit einer verpilzten *a. a.* Von der Berührungsstelle *c* auf der Oberseite der Wurzel *b. b* hat sich das Mycel nach beiden Richtungen hin gleichmässig weit entwickelt. Vergr. $^1/_8$.

Tafel II.

Fig. 1. Fichtenwurzel, unter deren Rindeschuppen das Mycel von Trametes radiciperda sich in Form zarter Häute entwickelt hat *a*, die zwischen den Schuppen hier und da *b* als gelbweisse Polster zum Vorschein kommen. Saprophytische Pilzmycelien (*c*) siedeln sich oft auf den Wurzeln an, die vorwiegend von todtem Mycel des Parasiten zu leben scheinen.

Fig. 2. Spitze einer Mycelhaut durch Entfernung der Rindeschuppe frei gelegt. An dem noch wachsenden Theile *a* theilt sich der Scheitel unregelmässig in mehrere Theile; *b* ein Seitenstrang, welcher nach dem Hervorwachsen halbkugelförmig angeschwollen ist; *c* ein unter der Schuppe in der Entwicklung stehen gebliebener Seitenzweig; *d* ein noch wachsender Zweig. Vergr. 10.

Fig. 3. Durchschnitt durch einen kräftig entwickelten, zur Fruchtträgeranlage heranwachsenden Mycelkörper zwischen Rindeschuppen hervorwachsend. Vergr. 20.

Fig. 4. Weiteres Entwicklungsstadium eines jungen Fruchtträgers mit 3 Porenanfängen *a. a.* Vergr. 10.

Fig. 5. Wachsendes Mycel von der Spitze einer Haut (Fig. 2a). Vergr. 360.

Fig. 6. Hymenialschicht mit vereinzelten Basidien *a*, an deren Spitze die Sporen sich bilden *b*, mit einem Stück der verfilzten Trama. Vergr. 360.

Fig. 7. Durchschnitt der sterilen, noch jugendlichen Oberseite des Fruchtträgers. Verschieden geformte Haare *a* wachsen aus einem dichten Geflecht *b* umgelegter Hyphen, welches das farblose Filzgeflecht *c* der Hutsubstanz überzieht. Vergr. 360.

Fig. 8. Gekeimte und nicht gekeimte Sporen. Vergr. 360.

Fig. 9. Durchschnitt durch das Hymenophorum eines steril gewordenen Theiles vom Fruchtträger. Die Kanäle *a* haben sich mit lockeren Hyphen erfüllt, während die Hyphen der Trama nach aussen eine neue, die Kanäle verschliessende Schicht *b* gebildet haben, die mit einer braunen, steril bleibenden Schicht *c* bekleidet ist. Vergr. 10.

Fig. 10. Durchschnitt eines andern Fruchtträgers, dessen ältere Kanäle *a* ebenfalls durch eine neue Schicht *b* verschlossen wurden, in der aber ganz neue Kanäle entstanden sind. Diese haben sich durch eine braune steril bleibende Schicht *d* gegen aussen verschlossen.

Fig. 11. Längsschnitt durch eine circa 50jährige Fichte, deren Wurzel *a* zuerst inficirt und bereits völlig verfault, wogegen Wurzel *a* noch völlig gesund ist. Von *b* aus hat sich die Fäulniss über 4 m. im Stamm emporgezogen und ist über dem Wurzelstock bei *c* schon bis nach aussen vorgedrungen, wodurch Harzausfluss erzeugt ist. Vergr. $^1/_{20}$.

Fig. 12. Durchschnittener Stock einer circa 40jährigen Fichte, welche erst seit kürzerer Zeit an der einen Wurzel inficirt ist. Vergr. $^1/_5$.

Fig. 13. Durchschnittener Stock einer circa 40jährigen Fichte, inficirt an der Wurzel *a*, aber bereits bis auf einen schmalen Streifen über *b* völlig faul. Bei *c* Harzausfluss. Vergr. $^1/_5$.

Fig. 14. Durchschnitt eines circa 25jährigen Weymouthskieferstockes, an welchem nur noch der Kern *a* gesund, die Flecke *b* völlig verkient, der übrige Holzkörper faul ist. Vergr. $^1/_5$.

Fig. 15. Durchschnitt des Stockes einer circa 25jährigen gemeinen Kiefer, welche von der Wurzel *a* aus inficirt, deren Holz meist (*b*) völlig verharzt ist, so dass nur ein Theil *c* noch safttleitend und gesund erscheint.

Tafel III.

Fig. 1. Ein Stück Fichtenholz, an welchem die violetten Stellen das erste Stadium der Zersetzung zeigen. Vergr. 1.

Fig. 2. Ein Stück Fichtenholz, welches rechts einen schmalen Streifen gesunden Splintholzes zeigt, das unmittelbar an eine braune Schicht zersetzten Holzes angrenzt. Der oft auch heller gefärbte, schwarzfleckige, links liegende Theil zeigt das zweite Zersetzungsstadium. Vergr. 1.

Fig. 3. Ein Stück Fichtenholz, an welchem in der Umgebung der schwarzen Flecke weisse Zonen sich gebildet haben. Vergr. 1.

Fig. 4. Ein Stück Fichtenholz in hohem Grade der Zersetzung, in welchem kaum noch die Hälfte des Volumens durch gelbes Holz eingenommen wird, während weisse, ausgelaugte Holzfasern mit Pilzfäden vermischt den andern Theil bilden.

Fig. 5. Ein Stück Weymouthskieferholz, rechts der Vorderecke noch gesundes Holz zeigend, auf das dann roth und zuletzt braungelb gefärbtes faules Holz folgt.

Fig. 6. Ein Stück Kiefernholz von Pinus silvestris, stark zersetzt und zaserig, besonders rechts, wo die einzelnen Jahreslagen sich schon von einander trennen.

Tafel IV.

Fig. 1. Ein Stück Fichtenholz im ersten (violetten) Zersetzungsstadium (Taf. III Fig. 1). In den Markstrahlen und einer daran grenzenden Tracheide findet sich eine braune Flüssigkeit, in welcher Mycelfäden vegetiren. Vergr. 90.

Fig. 2. Weiteres Stadium (schwarzfleckig, Taf. III Fig. 2). Zahlreiche Löcher in den Wandungen bei verhältnissmässig spärlichem Mycel beweisen, dass viele Mycelfäden bereits wieder verschwunden sind. Nur in fünf einem Radius angehörenden Längsfasern zeigt sich üppig entwickeltes und dunkel gefärbtes Mycel, wie dies auch in dem angrenzenden Markstrahl sich vorfindet. Vergr. 90.

Fig. 3. Ein Stück, entnommen dem Taf. III Fig. 3 dargestellten Holze. Die rechte Vorderecke zeigt noch dunkelgefärbtes Mycel. In der Umgebung sind die Tracheiden und Markstrahlen farblos und isolirt durch Auflösung der verbindenden äusseren Wandung. Vergr. 90.

Fig. 4. Ein Stück zersetzten Holzes aus Taf. III Fig. 4, jedoch nicht aus den weissen Flecken entnommen. Die rechts liegende Herbstholzschicht *c* ist zwar stark durchlöchert, aber noch wenig zersetzt, enthält sehr viel Terpentin in Form von Terpentinhydratkrystallen. Die Frühjahrsschicht *a* ist sehr zartwandig geworden und zeigt fast nur noch die äusserste Wandungsschicht. Der Markstrahl und die innerste Frühjahrsschicht *b* ist schon völlig aufgelöst, zeigt nur noch einige leistenförmige Wandstücke und reichliches zartes Mycelium. Vergr. 90.

Fig. 5. Ein Theil von Fig. 3 stärker (360) vergrössert. Die Fasern links (*a*) zeigen noch alle Theile der Wandungen, die mittlere Schicht hat sich aber vielfach von der äusseren losgelöst. Mit dem Verschwinden der letzteren bei *b* werden die einzelnen Fasern isolirt. Die Dicke der in Cellulose umgewandelten mittleren Schicht vermindert sich schnell (*d*) bis zur völligen Auflösung.

Fig. 6. Ein Theil von Fig. 4, stärker vergrössert. Die Auflösung der Fasern *a* erfolgt von innen nach aussen fortschreitend, so dass bei *b* bereits die Organe weit dünnwandiger erscheinen und zuletzt bis auf die zarten, dreikantigen Leisten verschwinden. Die Tipfel zeigen zuletzt nur noch die fein gekörnelte einfache Schliesshaut, bevor auch diese verschwindet. Vergr. 360.

Fig. 7. Zwei Fasern aus Fig. 2, stärker vergrössert. In der linken sieht man unten die aus den Markstrahlen ausgeflossene braune Flüssigkeit, welche eine üppige Ernährung und Braunfärbung des Mycels zur Folge hat, wie dies in der rechtsliegenden Faser gezeichnet ist. Vergr. 360.

Fig. 8. Zwei Fasern aus Fig. 4, bei *c* stärker vergrössert, um die Terpentinhydratkrystalle im Inneren derselben zu zeigen. Vergr. 360.

Fig. 9. Schematisch dargestellte Veränderung der Faserwandungen bei der Zersetzung. Von dem normalen Zustande *a* über *b* bis *g* ist die Zersetzung in den weissen Flecken des Holzes gezeigt; über *h* nach *p* die Zersetzung in den braungelben Theilen des Holzes. Die gelb gefärbten Theile bestehen noch aus Holzsubstanz, die farblosen aus Cellulose. Vergr. 650.

TRAMETES PINI FR.

Tafel V. und VI.

In meiner Schrift „Wichtige Krankheiten der Waldbäume“ habe ich Seite 43—61 diesen Parasiten und seine Lebensweise beschrieben und dort auf Taf. III Fig. 1—19 die Entwicklung der Fruchtträger und des Mycels dargestellt. Seitdem habe ich keine Gelegenheit versäumt, diesen Parasiten weiter zu studiren und will ich nachstehend unter gedrängter Zusammenfassung des Wichtigsten von dem bereits am angegebenen Orte Mitgetheilten meine weiteren Beobachtungen folgen lassen.

Bisher war es mir nur gelungen, die Trametes Pini auf Pinus silvestris zu beobachten, woselbst sie die als Ring-, Rind- oder Kernschäle, auch vielfach als Rothfäule bezeichnete Krankheit, welche in den Kiefernwaldungen besonders Nord-Deutschlands so allgemein verbreitet ist, hervorruft. Seitdem ist mir aus dem schlesischen Riesengebirge dieser Parasit sowohl an Abies pectinata, als auch Picea excelsa und Larix decidua zugesandt worden. Auch habe ich an Picea excelsa den Parasiten selbst in Schlesien gefunden und sollen in den Alpen die Lärchen von demselben in sehr ausgedehntem Masse heimgesucht sein. Die Thatsache, dass die Kiefer im höchsten Grade, demnächst die Lärche, weniger die Fichte und am seltensten die Weisstanne, von der mir nur ein einziger Ast mit Fruchtträgern zugesandt ist, von dem Parasiten heimgesucht wird, dürfte zunächst mit dem Umstande in Zusammenhang gebracht werden können, dass etwa in gleichem Verhältnisse die Häufigkeit der frischen Astbrüche bei diesen Waldbäumen steht. Die Infection findet nur an noch nicht verharzten, wahrscheinlich nur ganz frischen Astbruchflächen statt. In älteren Kiefernbeständen sieht man nach jedem stärkeren Sturme, besonders an exponirten Waldrändern, überhaupt an solchen Orten, die dem Winde mehr ausgesetzt sind, zahlreiche grüne schwächere und stärkere Aeste am Boden liegen. Bei der Lärche dürfte dies ebenfalls wohl häufiger zu beobachten sein, als bei der Fichte und Tanne. Bei letzteren Holzarten gehört dieser Parasit und die durch ihn hervorgerufene Art der Rothfäule zu den selteneren Erscheinungen.

Die Fruchtträger, welche bei der Kiefer fast ausnahmslos nur eine Console darstellen, wenn nicht nach dem Abbrechen eines älteren Fruchtträgers eine Mehrzahl junger Exemplare aus dem zurückgebliebenen Theile desselben hervorgewachsen ist, zeigen bei den anderen drei Holzarten eine davon völlig abweichende Gestalt.

Ich muss, um diese interessante Thatsache erklären zu können, auf den Einfluss aufmerksam machen, welchen der verschiedene Terpentingehalt der Bäume auf die Entwicklung des Myceliums im Inneren derselben ausübt. Da die Infection eines Baumes, wie bereits bemerkt, immer durch Vermittlung eines Astes erfolgt, so dringt das Mycelium mit Leichtigkeit bis in das innerste Kernholz des Baumes, um sich dann vorwiegend nach oben und unten, zugleich aber auch seitlich zu verbreiten. Enthält der Baum in seinem Holzkörper nur sehr wenig Terpentinöl, wie dies bei der Weisstanne der Fall ist, dann wird der Ent-

wicklung des Myceliums bis zum Bast- und Rindenkörper kein Hinderniss bereitet. Es wird der ganze Holzstamm von den Pilzfäden durchzogen, die auch ungestört den Bast- und Rindenkörper durchwachsen. Das Mycelium tritt gleichmässig über eine grosse Fläche verbreitet nach aussen hervor, ähnlich, wie wir dies bei Polyporus fulvus, igniarius u. a. m. in der Folge beschreiben werden. Es entsteht ein krustenartiger Ueberzug, aus dem sich nachträglich der Fruchtträger in einer Form entwickelt, welche von der lothrechten oder horizontalen Richtung des betreffenden Rindenkörpers abhängt. An dem mir zugesandten Weisstannenast, von dem ich einen Theil in Taf. V Fig. 1 dargestellt habe, hatte sich auf der Unterseite desselben in der ganzen Länge (0.3 Meter) des betreffenden Aststückes eine Kruste gebildet, auf deren freier Oberfläche, soweit sie nach der Erde zugekehrt war, zahlreiche Porencanäle entstanden waren. Das Wachsthum der Fruchtträger hatte auch hier, wie bei einer einfachen Console, in dreifacher Weise stattgefunden, einmal, indem die Hyphen der Canalwandungen an der Spitze periodisch sich verlängerten und dadurch das Wachsthum in verticaler Richtung vermittelten, sodann durch Ausfüllung der nicht mehr Sporen erzeugenden älteren Theile der Canäle durch aus den Seitenwänden derselben hervorwachsende Ausfüllungshyphen. Endlich findet eine Vergrösserung des Fruchtträgers dadurch statt, dass zu beiden Seiten des Astes der Rand des Fruchtträgers in horizontaler Richtung periodisch sich vergrössert, so dass eine sterile, durch deutliche Schichtung ausgezeichnete Oberseite (Fig. 1 c) entsteht. Bei der harzarmen Weisstanne ist das Hervortreten der Fruchtträger, wie wir sehen, nicht an die Vermittelung eines Aststutzes gebunden. Dies ist der Fall bei Kiefer, Lärche und Fichte, die im Holzkörper reichlichen Terpentingehalt besitzen.

Bei der Entwicklung des Myceliums im Inneren des Baumes entweicht theils auf flüchtigem Wege, theils in flüssiger Form durch Vermittelung der zerstörten Markstrahlen das Terpentinöl zum Theil aus dem faulenden Holze und verkient die zur Zeit noch gesunden Holztheile. Es treten in Folge dessen mitten im rindschäligen Holze völlig verharzte Partieen auf, welche als Speckkien vortrefflich benutzt werden können. Stets bildet sich eine mehr oder weniger harzreiche Zone (Taf. V Fig. 6 b) auf der Grenze der Splintschicht (Fig. 6 a) zum inneren Kernholze (Fig. 6 c), die durch eine oft auffallend rosarothe Farbe sich auszeichnet. Diese terpentinreiche Zone verdankt vorzugsweise dem Umstande ihre Entstehung, dass das Terpentinöl im Splintholze noch leichtflüssig ist, wesshalb dasselbe beim Eindringen der Pilzfäden aus dem inneren Kernholze in das Splintholz die zahlreichen Pilzbohrlöcher benutzt, um in jede Holzfaser einzudringen und sich im Innern derselben tropfenweise an den Wandungen niederzuschlagen, oder den Innenraum ganz auszufüllen und die Wandungen zu imprägniren. Bei Gelegenheit des grossen Windbruches im Sommer 1877, durch welchen über 40,000 Cubikmeter Kiefern-Althölzer im benachbarten Oberforst Gr.-Schönebeck gebrochen waren, konnte an zahlreichen aufgesplitterten Bäumen erkannt werden, dass nur aus dem Splintholze das Terpentinöl durch die Markstrahlcanäle hervorgetreten war, während im Kernholze ein Ausfliessen des Terpentinöles nicht stattgefunden hatte. Zweifelsohne vermag der Terpentin in flüchtiger Form auch ohne Pilzlöcher in das Innere der Organe einzudringen, dieses und die Wandungen selbst zu erfüllen. Auch bei der Lärche und Fichte, deren Terpentinreichthum bedeutend geringer ist, wie bei der Kiefer, bildet sich die besprochene schmale harzreiche Zone, die es verhindert, dass das Mycelium die jüngsten Holzlagen erreicht. Es kann desshalb bei diesen Holzarten nur da das Mycelium nach aussen hervordringen, wo ein nicht überwallter Aststutz eine Brücke aus dem Kernholze nach aussen bildet. Im Holzkörper des Astes gelangt das Mycelium nach aussen und vermag sich bei der Lärche und Fichte in und zwischen den Borkenschuppen nach allen Richtungen hin zu entwickeln. Es geschieht das allerdings fast nur in seitlicher Richtung und nach unten hin, jedoch über eine Fläche, welche oft die einer ausgebreiteten Hand erheblich übersteigt (Taf. V Fig. 2 und 3). Wo das Mycel zwischen den Borkenschuppen hervorwächst, entsteht ein kleiner Fruchtträger. Zehn, zwanzig und mehr einzelne zwischen den Schuppen hervortretende Fruchtträger verwachsen zu einem krustenartigen Borkenüberzuge (Taf. V Fig. 3). Die einzelnen consolenförmigen Fruchtträger bleiben aber in ihrer horizontalen Entwicklung auf geringe Dimensionen beschränkt (Fig. 2). Die aus dem Inneren des Baumes nur an einem Punkte hervortretende Nährstoffzufuhr vertheilt sich flächenförmig und auf eine grosse Anzahl der Fruchtträger, die mithin weniger reich ernährt werden, als die Einzelconsole der Kiefer. Bei der harzreichen Kiefer sehen wir andererseits nicht allein eine breite Harzzone den Splint vom Kernholz trennen (Taf. V Fig. 6 b), sondern auch

das Terpentinöl in ziemlich weiter Umgebung des Aststutzes die Splintschicht bis nach aussen durchtränken, ja es werden die Bast- und Borkenschichten mit Ausnahme der äussersten selbst vollständig verkient (Taf. V Fig. 4 h) und dadurch für das Eindringen des Mycels, wenn solches den Aststutz verlässt, unzugänglich. Es kann mithin nur an einem Punkte das Mycel frei nach aussen treten, nur eine Einzelconsole bilden, die nun aber auch weit üppiger ernährt wird, wie jeder einzelne von den vielen Fruchtträgern der Fichte und Lärche. Er wächst somit zu einer grossen, weit abstehenden Console heran.

Hinsichtlich des inneren Baues, der Hymenialschicht, Sporenbildung, des Alters der Fruchtträger u. s. w. erlaube ich mir auf das zu verweisen, was ich bereits*) mitgetheilt habe.

Die durch Trametes Pini erzeugte Krankheit kommt an den genannten Holzarten erst in einem gewissen höheren Alter zum Vorschein und sind es vorzugsweise die alten überhaubaren Bestände, in denen die „Schwammfäule" oft die Hälfte oder mehr des Einschlages zu geringwerthigem Anbruchholz degradirt. Es gab eine Zeit, in welcher man diese Zersetzungsprocesse des Holzes als eine Folge hohen Alters und des Functionsloswerdens der ältesten Theile des Baumkörpers bezeichnete. Dass diese Ansicht eine absolut unrichtige ist, wird heute Niemand mehr zu bezweifeln wagen. Die Möglichkeit der Infection beruht auf dem Vorhandensein frischer und nicht alsbald auf der ganzen Bruchfläche verharzter Astbruchflächen. So lange eine Kiefer nur schwache Zweige ohne Kernholz besitzt, werden die zufällig, z. B. durch Schneedruck abbrechenden Zweige und Aeste Aststutzen zurücklassen, die sofort durch den im Splint sehr flüssigen Terpentin verharzen und sich somit gegen aussen abschliessen. Erst von dem Alter an, in welchem Astbrüche vorkommen, deren Bruchfläche auch Kernholz zeigt, welches sich nicht oder nur unvollständig mit Harz bekleidet, ist die Gefahr der Infection durch Sporen des Parasiten in höherem Masse vorhanden.

Dass es unter Umständen gelingt, schon 30jährige Kiefern künstlich zu inficiren, hat mir das Experiment erwiesen. Durch Herren von Salisch wurde mir kürzlich ein Stammabschnitt einer 70jährigen Kiefer zugesandt, die einen schon 25jährigen Fruchtträger zeigte, mithin mindestens im 40. Lebensjahre inficirt worden war.

Mit Ausnahme dieses Falles habe ich an jüngeren als 60jährigen Kiefern bisher nie Fruchtträger äusserlich zum Vorschein kommen sehen und darf somit angenommen werden, dass etwa vom 40.—50. Jahre an die Krankheit an der Kiefer aufzutreten vermag. Wie sich das bei den anderen drei Nadelholzbäumen verhält, bin ich ausser Stande mitzutheilen.

Es ist nun selbstverständlich, dass die Krankheit in älteren Beständen immer häufiger auftreten wird, da nicht allein alljährlich neue Bäume inficirt werden können, die Zahl der kranken Stämme mit dem Alter zunehmen muss, sondern auch die Gefahr der Infection für den einzelnen Baum mit dem Alter zunimmt. Die schwachen Quirläste einer jungen Kiefer brechen bekanntlich bei Sturm und Schneedruck weit weniger leicht, als die spröderen Aeste in der Krone alter Kiefern. Die grösseren Astwunden an alten Bäumen werden leichter von einer Spore gefunden, als die kleinen Astwunden. Vor Allem aber steigert sich mit der Vermehrung der Fruchtträger des Parasiten in einem Bestande die Gefahr der Infection für die gesunden Bäume in demselben Masse, als die Sporenerzeugung eine reichere wird, und so ist es denn leicht zu erklären, dass in alten überhaubaren Kiefernbeständen oft kaum ein gesunder Stamm mehr angetroffen wird.

Hinsichtlich der Einflüsse des Standortes auf das Auftreten der Krankheit habe ich nur zu erwähnen, dass die Bodenbeschaffenheit und das Klima gar keinen directen Einfluss auf die Krankheit auszuüben scheinen. Sie kann ebenso stark auf den besten wie auf den schlechtesten Böden auftreten, im Gebirge, wie in der Niederung. Dahingegen lässt sich nicht verkennen, dass gewisse Lagen besonders das Auftreten der Krankheit befördern. An Bestandesrändern und anderen dem Sturmwinde stärker exponirten Stellen tritt der Parasit weit häufiger auf, wie im inneren Theile geschlossener Bestände bei ebenem Terrain, da mit der Häufigkeit der Astbrüche die Gefahr der Infection steigt. In der Nähe der Städte und Dorfschaften zeigt sich der Schwamm häufiger als entfernt davon in Lagen, wohin die Holzsammler und Holzfrevler seltener gelangen. Das Abbrechen oder Abschneiden grüner Aeste, wie es in der Nähe menschlicher Wohnsitze öfter vorkommt, fördert selbstredend ebenfalls die Verbreitung der Krankheit.

*) Krankheiten der Waldbäume pag. 47 ff.

Von dem inficirten Aste aus verbreitet sich dieselbe zunächst im Inneren des Baumes nach oben und unten in Form eines oft nur schmalen, etwa fingersdicken rothbraunen Längsstreifens. Es dürfte von der Infectionsstelle auf der Astwunde selbst abhängen, ob die Krankheit im Baume näher der Markröhre oder näher dem Splinte zunächst auftritt. Ist die Mitte des Astes inficirt, so gelangt das Mycel, im Aste nach innen wandernd, nahe oder bis an die Markröhre des Hauptstammes. Ist dagegen der Ast nahe dem Splint inficirt, so tritt das Mycel, nach innen wandernd, auch schon früher in den Hauptstamm über, weil es mit Vorliebe in demselben Jahrringe bleibt. Da der Splint der Astfläche, wie oben bereits ausgeführt, fast nie inficirt wird, so gelangt auch der Parasit nicht zunächst in die Splintschicht des Hauptstammes. Da bekanntlich das frische Kernholz der Kiefer weiss gefärbt ist und erst mit dem oberflächlichen Abtrocknen nach einigen Tagen anfängt sich zu bräunen, so tritt der braunrothe Streifen im frischgefälltem Holze scharf markirt hervor, verliert sich dagegen mit dem Hervortreten der rothbraunen Kernholzfarbe immer mehr. Im frischen Zustande unterscheidet er sich vom gesunden Kernholze, wie Taf. V Fig. 5 sich *b* von *a* unterscheidet. Während die Zersetzung nach oben und unten fortschreitet, verbreitet sich die anfänglich im Querschnitt nur kleine Stelle, vorwiegend in peripherischer, weniger schnell auch in radialer Richtung. So lange die Fäulniss nur wenige Jahrringsbreiten umfasst, nimmt sie die betreffenden Ringe oft schon zur Hälfte ein, oder bildet selbst einen in sich geschlossenen Ring (Ringschäle), durch welchen ein oft noch gesunder innerer Kern von dem äusseren noch gesunden Holze getrennt wird. Es bedarf kaum der Erwähnung, dass von vorn herein auch an mehreren Stellen das Mycel aus dem inficirten Aste in den Hauptstamm übertreten kann, dass also mehrere Streifen sich auf der Spaltfläche des Baumes, dass mehrere Flecken oder Ringe im Querschnitt auftreten können. Allmälig verbreitet sich von diesen Flecken und Ringen die Zersetzung in horizontaler Richtung über einen grossen Theil, ja über den ganzen Stamm mit Ausschluss der Splintschicht bei Kiefer, Fichte und Lärche. Vom Splinte wird die Zersetzung durch den oben schon besprochenen verharzten Streifen Fig. 6 b, Fig. 8 b abgehalten.

In dem rothbraun gefärbten Holze der Kiefer treten alsbald unregelmässig geformte Löcher (Fig. 5 b) auf, die sich seitlich verbreiternd ineinander fliessen und dadurch eine vollständige Lostrennung zweier Jahrringe bewirken können (Fig. 5 c in der Tangentalansicht). Diese Löcher vermehren und vergrössern sich und zeigen theilweise eine weisse Auskleidung (Fig. 7, 6). Besonders ist es die lockere Frühjahrsschicht der Jahrringe, die auf lange Erstreckung hin zunächst verschwindet (Fig. 7 rechts). Es wird auf diesem Wege das Holz oft in lange Fasern oder Blätter zerlegt, bestehend aus den harzreichen und dickwandigen Herbstholzschichten der Jahrringe.

Bei Fichte und Lärche tritt in weit höherem Masse eine Weissfleckigkeit des zersetzten Holzes als charakteristisch hervor (Fig. 8 von Larix), der dann zuweilen kleine schwarze Flecke wie bei der durch Trametes radiciperda erzeugten Zersetzung vorangehen (Fig. 8 c—d). In der Mitte der weissen Flecke entstehen Höhlungen, die im Tangentalschnitt als schmale Längsspalten sich zu erkennen geben (Fig. 8 g). Bei der Fichte zeigt das Holz eine mehr hell braungelbe Färbung zwischen den Flecken, als bei Kiefer und Lärche. Zuweilen treten nahe dem Splint ein oder mehrere dunkelbraun gefärbte Zonen (Fig. 8 e, c) auf. Dieselben nehmen ihren Ursprung von einem Aste und entstehen in Folge der wahrscheinlich zur Saftzeit vorgenommenen Aestung, die zur Folge gehabt hat, dass sich die Zersetzungsproducte flüssiger Art abwärts gesenkt, die betreffenden Holztheile ausgefüllt und gefärbt haben. (Siehe Wundfäule.)

Ich bin nicht in der Lage, die letzten Zersetzungszustände des Holzes solcher von Trametes Pini befallenen Bäume zu schildern. Selbst sehr stark erkrankte Kiefern, bei denen die Zersetzung nach unten bis in den Wurzelstock vorgerückt ist, werden nicht eigentlich hohl, sondern es bleiben stark verharzte Partieen im Inneren des Baumes erhalten, während eine, wenn auch schmale Splintschicht den Baum am Leben erhält. Der Baum stirbt nicht durch Vertrocknen, sondern wird, wenn jene Splintschicht zu dünn ist, durch Sturm gebrochen. Das zersetzte schwammfaule Holz ist nie nassfaul, sondern immer ziemlich trocken. In dem Taf. V Fig. 7 dargestellten Zustande, welcher auch in seiner chemischen Zusammensetzung untersucht ist, zeigt das Kiefernholz ein specifisches Trockengewicht von 0,30. Aehnliches Kiefernkernholz im gesunden Zustande untersucht, zeigte 0,57 Trockengewicht und ist somit die Masse nahezu auf die Hälfte vermindert worden. Auf 100 Theile gesunden Holzes berechnet, ergiebt das kranke Holz eine Gewichtsabnahme auf 52,63.

Bohrt man mittelst des Pressler'schen Zuwachsbohrers eine gesunde Kiefer an, ersetzt den herausgenommenen Bohrspan gesunden Holzes durch einen Span mycelhaltigen kranken Holzes, so gelingt die Infection unter zwei Bedingungen. Einmal darf die Wandung des Bohrloches nicht so vollständig durch Terpentinerguss verharzen, dass sie dadurch unzugänglich für das aus dem Infectionsspane hervorwachsende Mycelium wird, und zweitens muss das Mycel im Infectionsspane noch lebend und zuwachsfähig sein, so dass dasselbe über die Grenzen des Infectionsspanes hinauswachsen und in die Wandung des Bohrloches eindringen kann. Das Mycel verbreitet sich in den Tracheiden und in den Markstrahlen und ist anfänglich farblos, bleibt dies auch in der Folge, mit Ausnahme solcher Stellen des kranken Holzes, die dem directen Einflusse der Luft zugänglicher sind, wie z. B. Taf. V Fig. 2 c die Mycelmasse, welche den Raum zwischen dem Fruchtträger und dem todten Holze ausfüllt, oder eine sauerstoffreichere Nahrung finden, wie Taf. VI Fig. 3 und 7 zeigt. Das Mycel färbt sich in solchen Fällen roth- oder gelbbraun. Die Dicke der Hyphen, deren Verästelung und Septirung zeigt grosse Verschiedenheit je nach der Ernährungsart. Anfänglich sind die Hyphen ziemlich dick (3 Mik.), zeigen spärliche Septirung, dafür aber reichliche Seitenäste. Letztere bleiben in der Regel kurz, sind zugespitzt (Fig. 4 b) oder abgerundet (Fig. 4 d), bei der Weisstanne selbst keulig verdickt (Fig. 8 b. b). Sie durchbohren die Wandungen an zahlreichen Punkten, ohne dabei über die Grenzen der Wandung in das Lumen der Nachbarzellen hineinzuwachsen, haben somit eine gewisse Aehnlichkeit mit den Haustorien anderer Pilze. In demselben Masse, als die Zersetzung fortschreitet, sieht man den dicken Hyphen immer mehr zarte Hyphen entspringen (Fig. 5 a, b), doch überwiegen mehr wie bei anderen Pilzarten auch in den höheren Zersetzungsstadien die dickeren Mycelfäden.

Die Zersetzung des Holzes erfolgt nun mit Ausschluss der weissen Flecke in der Taf. VI Fig. 1, 4 und 6 a—d dargestellten Weise. Es ist zunächst das Gewebe der Markstrahlen, welches völlig aufgelöst wird, und von denen aus die Lösung auch auf die angrenzenden Tracheiden sich fortpflanzt. Es entstehen dadurch Löcher im Holzkörper, die endlich auch mit blossem Auge deutlich erkennbar werden (Taf. V Fig. 5).

Da nur eine beschränkte Anzahl von Markstrahlen die erste Veranlassung zur Entstehung der Löcher darbietet, so darf man wohl annehmen, dass es ein durch reichlicheren Zelleninhalt besonders üppig entwickeltes Mycel solcher Markstrahlen ist, von dem die schnelle Auflösung ausgeht. Wenn auch im Allgemeinen das lockerere Frühlingsholz in jedem Jahresringe leichter zerfressen wird, als das aus dickwandigen, engräumigen und mit Terpentin oft völlig ausgefüllten Organen zusammengesetzte Herbstholz, so wird doch auch dieses oft genug schon frühzeitig durchfressen, wie Taf. V Fig. 5 b und Fig. 7 b zeigt. Der grosse Terpentingehalt einzelner Partieen des Holzes, insbesondere der Herbstholzschichten, veranlasst nicht allein, dass die Zersetzung in peripherischer Richtung schneller, als in radialer Richtung vorschreitet, sondern auch einzelne, oft blattartige Partieen der Zersetzung bis zum Tode des ganzen Baumes Widerstand leisten. Betrachtet man die Veränderung und Auflösung der Tracheidenwandung, so ist zunächst kaum zu bezweifeln, dass bereits gewisse Veränderungen mit derselben vor sich gegangen sind, die nur optisch nicht nachweisbar sind. Die erste erkennbare Veränderung besteht darin, dass die mittlere Wandungsschicht sich von der äussersten Schicht trennt (Fig. 6 b). Ob dies eine Folge davon ist, dass das Volumen der mittleren Schicht sich vermindert, die Substanz sich contrahirt hat, oder dass die äusserste Lage der Mittelwandung aufgelöst wurde, ist schwer zu bestimmen. Da, wo ein Pilzfaden die Wandung durchlöchert hat, verändert sich der anfänglich cylindrische Kanal, indem er in der Mitte tonnenförmig sich erweitert. In der Doppelwandung der beiden Nachbarfasern erscheint der Kanal desshalb kringelförmig (Fig. 6 b, Fig. 4 d).

Die Ausfüllungssubstanz der Intercellularkanäle verschwindet und, wenn auch nur ausnahmsweise, trennt sich die äusserste Wandungsschicht jeder Faser von der äussersten Schicht der Nachbarwandung, so dass deutlich die Entstehung der scheinbar amorphen sogen. Mittellamelle aus zwei Schichten erkennbar wird. Zunächst löst sich nun in der Regel ohne vorangehende Umwandlung zu Cellulose die mittlere Wandschicht auf, indem sie innen durchsichtiger, gallertartiger erscheint (Fig. 6 c).

Es besteht dann eine kurze Zeit lang von der Wandung nur die äusserste und die innerste dünne Schicht, die dann beide vor der Auflösung sich in Cellulose verwandeln (Fig. 4 unten und rechts) und desshalb mit Chlorzinkjod sich blau färben. Die Wandungen der Löcher im Holze Taf. VI Fig. 1 d. d sind desshalb blau gefärbt. Da, wo Pilzbohrlöcher in der Wand sich finden, färbt sich oftmals die Umgebung derselben ebenfalls blau. In Fig. 4 sieht man rechts die isolirten Wandschichten coulissenartig auseinander-

treten. Die äusserste Wandschicht verschwindet zunächst und bleibt bis zuletzt nur die innerste Grenzschicht jeder Wandung allein übrig und in diesem Stadium, welches Fig. 4 unten und Fig. 6 c und d dargestellt ist, kann man sich überzeugen, dass nicht allein eine Schliesshaut auf der einen Seite des Nadelholztipfels vorhanden, sondern auch, dass diese innig verwachsen ist mit der innersten Grenzhaut und dieselbe Widerstandsfähigkeit gegenüber der Auflösung besitzt wie jene. Der innere Ring des Hoftipfels tritt in der Flächenansicht sehr scharf hervor. Geht ein Riss durch die zarte Tipfelhaut, so erkennt man unzweifelhaft das Vorhandensein der Schliesshaut Fig. 4 k (so auch Fig. 4 i).

Einen ganz anderen Verlauf zeigt die Zersetzung da, wo weisse Flecke im Holze entstehen. Die erste Veranlassung zu solchen Flecken scheint wie bei Trametes radiciperda in Mycelnestern zu liegen, die sich hier und da, wo grössere Mengen von Markstrahlflüssigkeit reiche Nahrung darbieten, bilden. Nach Aufzehrung des flüssigen Zelleninhaltes wirkt das Mycel auf grössere Entfernung gleichsam auslaugend und dadurch eine chemische Veränderung herbeiführend, die sich durch Farbloswerden der Tracheiden, also durch Entstehung weisser Flecke charakterisirt. Ich gestehe aber, dass es mir noch nicht geglückt ist, in befriedigender Weise die Frage zu beantworten, woher es kommt, dass örtlich ein ganz anderer Zersetzungsprocess im Holze stattfindet, wie an anderen Stellen des Holzes. Der Zersetzungsprocess wird eingeleitet durch Umwandlung der drei Wandungsschichten zu Cellulose (Fig. 6 e) und sehr bald darauf erfolgende Auflösung der äussersten Wandschicht. Die Tracheiden werden aber nicht allein hierdurch, sondern waren schon vorher isolirt, indem die äussersten Wandschichten sich von einander trennten. Nach Auflösung der äussersten Wandschicht bleibt oftmals derjenige Theil derselben, welcher den linsenförmigen Raum in der Peripherie als etwas verdickter Ring umgiebt (Fig. 5 d, Fig. 6 zwischen e und f), noch einige Zeit erhalten, zerfällt auch wohl in mehrere Bruchstücke, bevor die völlige Auflösung stattfindet.

Die Cellulosewandung verdünnt sich allmälig, bis zuletzt fast nur noch die innerste zarte Wandungsschicht übrig bleibt, die dann eine gekörnelte Struktur erhält. Diese feine Körnelung lässt keine spiralige Anordnung der Moleküle erkennen (Fig. 5), und ist insofern interessant, als auch die Schliesshaut der Tipfel gekörnelt und dadurch deutlich erkennbar wird (Fig. 5 g. k). Selbstverständlich fehlt die Schliesshaut, da sie nur auf einer Seite der Tipfelöffnung anliegt, ebenso oft in den Tipfeln der Fasern (Fig. 5 f).

Wesentliche Verschiedenheiten von vorstehendem Gange der Zersetzung zeigen sich bei den genannten Nadelholzarten nicht. In Betreff der Weisstanne muss ich nur bemerken, dass mir lediglich ein schwacher Ast zur Verfügung steht, ich die Zersetzungserscheinungen an breitringigem Stammholze noch nicht beobachtet habe. Bezüglich der Lärche habe ich einen abweichenden Zersetzungsprocess in Fig. 3 und 7 abgebildet, wie er in den tiefbraunen Holztheilen Taf. V Fig. 2 d und f, Fig. 8 e abgebildet worden ist. Von dem Aste scheinen sich Zersetzungsproducte nach unten gesenkt zu haben, durch welche die Bräunung des Holzes veranlasst ist. Die Zersetzung erfolgt gleichmässig durch die ganze Wandung ohne Differenzirung einzelner Schichten. Hier und da entstehen vor der völligen Auflösung zahlreiche kleinere und grössere Löcher (Fig. 3 c. c, Fig. 7 b), die nicht von Pilzbohrlöchern herrühren.

Die chemische Analyse des Taf. V Fig. 7 dargestellten Zersetzungszustandes des Kiefernholzes ergab im Vergleich zu Kiefernkernholz von ähnlichen Bäumen folgendes Ergebniss:

Gesundes Kiefern-Kernholz zeigte nach Dr. Daube:

51,48 % C. 6,11 % H. 42,09 % O. + N. und 0,32 % Asche,

oder aschenfrei:

51,65 % C. 6,13 % H. 42,22 % O. + N.

Durch Trametes Pini zersetztes Kiefernholz zeigt nach Dr. Daube:

50,71 % C. 5,86 H. 42,37 O. + N. 1,06 Asche, und aschenfrei:

51,25 % C. 5,93 H. 42,82 O. + N.

Das Verhältniss des Kohlenstoffs zum Sauerstoff und Stickstoff ist im gesunden Holze wie 100 zu 81,74, im kranken Holze wie 100: 83.55. Der Kohlenstoffgehalt hat sich somit ein wenig vermindert im Vergleich zum Sauerstoff. Erwägt man die bedeutende Substanzverminderung von 100 Gewichtstheilen auf 52.63, so muss man die chemische Veränderung in ihrem Gesammteffect als verschwindend gering bezeichnen. Es stimmt das Resultat der chemischen Analyse völlig überein mit den vorher angeführten Ergebnissen der mikroskopischen Untersuchung, da beim Kiefernholze der Umwandlung zu Cellulose immer alsbald die

Auflösung zu folgen pflegt, das kranke Holz sich desshalb vom gesunden sehr wenig in Bezug auf die chemische Zusammensetzung unterscheidet.

Blicken wir auf die forstlichen Massregeln, welche gegen die Verbreitung der Krankheit ergriffen werden müssen, so ergiebt sich aus dem Gesagten, dass die Infection der Kiefer etwa vom 40. Jahre an erfolgt durch Anfliegen der Sporen des Parasiten auf noch nicht verharzten Astwunden, dass von der inficirten Aststelle aus die Krankheit sich nach oben und unten verbreitet, dass mithin zu Anfang der Krankheit das untere werthvollste Stammende in der Regel noch völlig gesund ist.

Die forstlichen Massregeln müssen somit dahin gerichtet sein, die Entstehung frischer Astwunden an älteren Bäumen zu verhüten, die Wahrscheinlichkeit des Anfliegens von Sporen zu vermindern, und endlich die inficirten Bäume zu nutzen, bevor sie völlig entwerthet werden.

Was zunächst die Vermeidung von frischen Astwunden betrifft, so würde Grünästung selbstredend zur Zeit der Saftruhe in jüngeren Beständen zulässig sein, die Schnittflächen bekleiden sich auch im Winter alsbald mit einer Harzschicht, welche die Wunde verschliesst.

Trockenästung zur Erziehung astreinen Holzes ist stets zulässig und gefahrlos.

Vermeiden muss man die Ausästung älterer, d. h. über 40jähriger Kiefern und Lärchen, da alsdann die Wundflächen schon Kernholz zeigen, das nicht verharzt und deshalb der Infection zugänglich bleibt. Ueber Weisstanne und Fichte fehlten mir Erfahrungen. Das frevelhafte Aesten, Abbrechen, Absägen oder Abschneiden grüner Aeste, wie es in der Nähe der Städte und Dörfer vielfach geschieht, ist streng zu rügen, da hierdurch besonders die Gefahr der Infection befördert wird.

Das Anfliegen von Sporen der Trametes Pini wird selbstredend dadurch am gründlichsten beseitigt, dass man die Fruchtträger des Parasiten aus den Waldungen verbannt, indem man die „Schwammbäume" möglichst schnell zum Hiebe bringt. Diese Massregel hat zugleich den günstigen Effect, dass man die inficirten Bäume nutzt, ehe dieselben völlig entwerthet werden. Die Nutzung der Schwammbäume kann in dreierlei Form stattfinden, einmal durch Aushieb derselben bei den regelmässigen Durchforstungen, sodann in den alljährlich stattfindenden Totalitätshauungen und endlich durch Abtrieb der haubaren, stark inficirten Bestände. Letztere Nutzungsart wird durch die Grösse des jährlichen Hauungssatzes in vielen Fällen beschränkt werden. Finanziell dürfte, wo die Absatzverhältnisse dies gestatten, ein verstärkter Abnutzungssatz zur Beseitigung der überhaubaren Bestände, wenn sie viel Schwammbäume enthalten, immer dringend empfehlenswerth sein. Mit jedem Jahre wird durch den Parasiten in solchen Beständen viel mehr Holz zerstört, als überhaupt zuwächst, und ich kenne alte 150jährige Bestände, bei deren Abtrieb kaum 20 % gesundes Holz erfolgte. Wenn ich also einer beschleunigten Abnutzung stark erkrankter Bestände aus finanziellen Gründen dringend das Wort reden möchte, so gebe ich gern zu, dass aus Gründen, die in Absatzverhältnissen liegen oder durch die Rücksicht auf Nachhaltigkeit in vielen Fällen die beschleunigte Nutzung der Schwammholz-Bestände auf Schwierigkeiten stossen wird. Anders ist dies bei den jüngeren Beständen.

Es muss das Bestreben des Forstwirthes sein, in der Folge gesündere Bestände zu erziehen dadurch, dass in den Durchforstungen und Totalitätshauungen die Schwammbäume herausgehauen werden. Nicht allein ist diese Massregel so leicht und einfach zur Ausführung zu bringen, da man nur den Waldarbeitern den Befehl zu geben braucht, auch die Schwammbäume zu hauen, nicht allein wird dadurch eine grosse Anzahl von Bäumen genutzt zu einer Zeit, in welcher das untere werthvolle Nutzholzende noch gesund ist, nicht allein gewinnen viele gesunde Bäume dadurch an Wachsraum und entwickeln sich kräftiger, sondern es wird, wenn diese Massregel durchgeführt wird, der Parasit allmälig aus dem Walde ganz oder zum grössten Theile verbannt. Es wird mit der Entfernung der Schwammbäume die Sporenerzeugung aufhören, die Bäume werden weniger inficirt, werden bis zu hohem Alter gesund bleiben und dadurch ein weit werthvolleres Abtriebsmaterial liefern, als das bisher bei hohen Umtrieben der Fall war. Ich vertraue zu sehr dem praktischen Sinne, dem Interesse der Forstleute für das Wohl des Waldes, als dass ich die Hoffnung aufgeben möchte, es werde früher oder später doch von den Ergebnissen der wissenschaftlichen Forschung Notiz genommen werden. Es lässt sich nicht verkennen, dass anfänglich die Läuterung der Bestände die Arbeitslast der Forstbeamten etwas erschweren wird, da die Totalitätshiebe nicht gerade zu den bequemsten im Wirthschaftsbetriebe gezählt werden möchten. Dass die Rücksicht auf die Unbequemlichkeit aber davon abhalten sollte, eine für die Waldungen segensreiche Massregel durchzuführen, glaube ich kaum annehmen zu dürfen.

ERKLÄRUNG DER ABBILDUNGEN.

Tafel V.

Fig. 1. Weisstannenzweig mit Fruchtträger von Trametes Pini. Auf der Unterseite *a* die noch offenen, Sporen erzeugenden Kanäle, die in ihren älteren Theilen bei *b* bereits zugewachsen sind. Die sterile Oberseite *c* ist wellig und gefurcht.

Fig. 2. Stück eines kranken Lärchenstammes mit Fruchtträger der Tram. Pini. Letztere *a* bleiben klein, sind aber sehr zahlreich, da das sie erzeugende Mycel zwischen den Borkenschuppen *b* sich verbreitet. Die Fruchtträger sind etwa 20 Jahre alt, da der mit Pilzmycel ausgefüllte Raum *c* so viel Jahresringe unterbricht. Dem breitringigen Holze *d* mit grossen weissen Flecken folgt eine engringigere Schicht *e* mit kleineren Flecken, auf welche ein brauner Streifen *f* und dann eine verharzte Grenzschicht *g* folgt. Der Splint *h* ist noch gesund. Vergr. $^1/_2$.

Fig. 3. Ein Fruchtträgercomplex von einer Fichte in der Aufsicht. Vergr. $^1/_2$.

Fig. 4. Stück eines Kiefernstammes mit einem Fruchtträger. *a* die noch offenen Kanäle, *b* die geschlossenen Kanäle, *c* die sterile, concentrisch gefurchte Oberseite, *d* zerfressenes Holz, *e* harzreiche Schicht mit einigen langen Höhlungen, *f* harzreiche Grenzschicht, *g* gesundes Splintholz, *h. h* verharzte Borkenschicht. Vergr. $^1/_2$.

Fig. 5. Ein Stück inficirtes Kiefernholz, *a* gesundes, *b* krankes Holz, *c* Tangentalansicht zerfressenen Holzes.

Fig. 6. Ein Stück Kiefernholz, *a* gesund, *b* verharzt, *c* zersetzt, *d* Tangentalschnitt.

Fig. 7. Ein Stück Kiefernholz stark zersetzt, *a* mit vorwiegend länglichen Höhlungen und weisser Auskleidung derselben, *b* unregelmässig zerfressen ohne weisse Wandbekleidung, *c* Tangentalschnitt.

Fig. 8. Ein Stück Lärchenholz, *a* noch gesunder Splint, *b* verharzte Zone, *c* und *e* braune Zone, gefärbt durch flüssige Zersetzungsproducte der Astwunde, *d* engringiges, weissgeflecktes Holz, *f* breitringiges Holz mit grossen weissen Flecken, *g* in der Tangentalansicht.

Tafel VI.

Fig. 1. Ein Stück Kiefernholz, Zustand wie in Taf. V Fig. 5, durch Chlorzinkjod gefärbt. *a* Mycel von Trametes Pini, *b* Pilzbohrlöcher, *d* durch Markstrahlzerstörung entstandene, nachträglich vergrösserte Höhlungen. Vergr. 90/1.

Fig. 2. Ein Stück Kiefernholz Taf. 5 Fig. 7 a durch Chlorzinkjod gefärbt, vom Rande eines weissen Fleckes entnommen. *a* Mycelfäden im braunen Holz, *b* Mycelfäden in der Mitte des weissen Fleckes, *c* Pilzbohrlöcher, *d. d* isolirte, in Cellulose umgewandelte Tracheiden. Vergr. 90.

Fig. 3. Ein Stück aus dem braun gefärbten Streifen im Lärchenholze Taf. V Fig. 8 e. Die Mycelfäden sind dunkelbraun gefärbt *a*, die Wandung der Tracheiden stark verdünnt, hellbraun *b*, hier und da zerfressen *cc*. Vergr. 90.

Fig. 4. Die Zersetzung des braun gefärbten Kiefernholzes an einer durchschnittenen Tracheide dargestellt, *a* die Mycelfäden mit zugespitzten (*b*) oder abgerundeten (*c*) kurzen Seitenästen. Die Bohrlöcher in den Wandungen (*d*) entsprechend weit und in jeder Wand bauchig erweitert oder sehr fein (*e*) von zarten Hyphen stammend. Die dicke mittlere Wandschicht verschwindet zuerst *f*, die äusserste feine Schicht bald darauf, die innerste Grenzhaut *hh* bleibt bis zuletzt. Die einzelnen Tracheiden sind im letzten Stadium von einander getrennt *g. g.* und blickt man bei *h* zwischen die Grenzhäute wie zwischen Coulissen. Die Tipfel bei *i* und *k* zeigen deutlich das Vorhandensein einer Schliesshaut. Vergr. 360*).

Fig. 5. Die Zersetzung der Kiefernholzfaser an der Grenze der weissen Flecke. Die Mycelfäden *a* entwickeln zahlreiche feine Seitenäste *b*. Die Gelbfärbung durch Chlorzinkjod geht nur bis *c*. Unter *c* ist die Tracheide farblos resp. durch Chlorzinkjod blau gefärbt und zeigt bald eine feine moleculare Körnelung. Nur im Umfange der Tipfel *d* erhält sich die äusserste Wandschicht, wenn auch nur in Bruchstücken, längere Zeit noch unaufgelöst. Diejenige Tipfelseite, welche keine Schliesshaut besitzt, *f* zeigt deutlich das Loch in der Mitte, wogegen die geschlossene Tipfelseite deutlich eine gekörnelte Schliesshaut *g k* zu erkennen giebt. Vergr. 360.

Fig. 6. Schematische Darstellung der Wandauflösung im Querschnitt. *a* Gesunde Tracheide, *b*, *c*, *d* Auflösung der einzelnen Schichten in dem Fig. 1 dargestellten Zersetzungsgange, *e*, *f*, *g* in dem Fig. 2 gezeichneten Stadium (cf. Seite 37). Vergr. 650.

Fig. 7. Eine Lärchenholzfaser von Fig. 3 stärker vergrössert. Vergr. 360.

Fig. 8. Zwei Weisstannenfasern von Astholz, *a* das farblose, dicke Mycel von Tram. Pini mit keulig angeschwollenen Haustorien *bb*, welche sehr grosse Bohrlöcher *c* veranlassen. Die innerste Grenzhaut der Fasern ist irrthümlich von links nach rechts aufsteigend gestreift, während die Streifung von rechts nach links geht. Vergr. 360.

*) Die Vergrösserung ist auf der Tafel durch ein Versehen unrichtig angegeben.

POLYPORUS FULVUS SCOP.

Tafel VII.

Die Zersetzungserscheinungen im Holzkörper der Weisstanne (Abies pectinata) sind von mir weniger studirt, da sich die Gelegenheit hierzu nur in beschränktem Masse darbot. Dass Trametes Pini, wenn auch vielleicht nur selten, in derselben vegetirt, haben wir bereits mitgetheilt. Am häufigsten scheint die Tanne an einem Processe der Weissfäule zu leiden, welcher durch einen Parasiten erzeugt wird, den ich vorläufig als Polyporus fulvus bestimmt habe. Ich habe diesen Parasiten vielfach gefunden, aber bisher nur an Weisstannen, obgleich in Fries „Epicrisis systematis mycologici" unter Polyporus fulvus steht: Ad truncos arborum frondosarum. Ob derselbe eine von Polyporus fulvus abzusondernde neue Species ist, wird sich nur nach einem gründlichen Studium der verwandten Arten dieser Gattung entscheiden lassen. Vorerst mag er unter obigem Namen passiren.

Ich habe diesen Pilz an älteren Weisstannen gefunden im Riesengebirge und im Schwarzwalde und scheint er daselbst ziemlich häufig aufzutreten. Vorzugsweise dienen die durch das Peridermium elatinum entstehenden Krebsstellen, über welchen die Rinde nach einer gewissen Zeit hier und da aufzuplatzen pflegt, den Sporen als Angriffspunkte, doch werden ohne Zweifel auch Astwunden den Einzug derselben vermitteln. Von der Infectionsstelle aus verbreitet sich das Pilzmycel zwar ebenfalls vorwiegend in der Längsrichtung des Stammes, scheut jedoch die jüngsten Splintschichten des Baumes ebenso wenig, wie das älteste Holz. Unzweifelhaft verhindert der geringe Gehalt an Terpentin in der Weisstanne die Entstehung einer Harzzone auf der Grenze des gesunden und kranken Holzes und zerstört der Pilz somit nach aussen wandernd das Holz in der Nähe der Infectionsstelle bis unter die Rinde, tödtet und zersetzt auch diese, so dass das Mycel an jedem beliebigen Punkte des Stammes unmittelbar nach aussen hervortreten und Fruchtträger bilden kann (Taf. VII Fig. 1—4). Es bedarf der Parasit nicht, wie Trametes Pini bei Pinus, Larix und Picea excelsa, der Aststutzen, um die Splintschicht zu überbrücken. Dass dies nicht eine Eigenthümlichkeit der Pilzart, sondern Folge des Terpentingehaltes der Nährpflanze ist, folgt aus der früher schon mitgetheilten Thatsache, dass auch Trametes Pini bei der Weisstanne direct aus der Rinde ohne Astvermittelung hervorwächst (Taf. V Fig. 1).

Die Zersetzung des Holzes äussert sich zunächst durch die Farbe, welche eine schmutzig hellgelbe wird (Taf. VII Fig. 10). Bei glattem Längsschnitte und genauer Betrachtung erkennt man in höheren Zersetzungsstadien zahlreiche längliche weisse Flecke auf dem gelben Grunde. Auf der Grenze zu dem gesunden, oft in der Nähe des kranken etwas röthlich gefärbten Holzes sieht man eine feine dunkle Grenzlinie. Aehnliche schmale Linien umgeben Stellen in dem kranken Holze, die etwas dunkler gelb gefärbt sind; auch sind wohl nahe der Grenze des zersetzten Holzes mehrere dunkle Linien zu erkennen. Sturm oder Schneedruck bricht die erkrankten Stämme an der durch Zersetzung mürbe gewordenen Stelle. Ein

Holzstück, welches chemisch untersucht worden ist, zeigte ein specifisches Trockengewicht von 0.27, während gesundes Tannenholz ein Gewicht von 0.42 besass. Es ist mithin das Gewicht von 100 Theilen gesunden Holzes auf 64.03 in dem betreffenden Zersetzungszustande herabgesunken. Die Substanz des Holzes ist mürbe, etwa von der Beschaffenheit und der Art des Bruches, wie lockere Pappe. Das Mycelium, wo dieses in das gesunde Holz hineinwächst, also auf der Grenze der kranken und gesunden Partie, besteht aus sehr dicken Hyphen, deren Wandung deutlich doppelt contourirt, deren Innenraum reichlich septirt ist (Taf. VII Fig. 11). Dasselbe zeigt eine bräunlich-gelbe Färbung und vielfache einzeln oder gruppenweise entspringende, sich blasig oder traubenförmig erweiternde Seitenäste, die mit besonderer Vorliebe den Linsenraum der Tipfel aufsuchen und ausfüllen, aber auch den ganzen Innenraum der Tracheiden mit einer unentwirrbaren Pilzmasse aus darmartig verschlungenen Hyphen bestehend, anzufüllen vermag. Von diesen dicken Hyphen entspringen einzelne äusserst zarte Fäden, welche die Wandungen leicht durchbohren, während die dickeren Hyphen im Allgemeinen weniger oft die Wandungen selbst, sondern vielmehr die Tipfel zum Weg wählen. Je weiter die Zersetzung des Holzes vorschreitet, um so dünner und dünnwandiger werden die Hyphen. Schon in Fig. 12 sind dieselben völlig farblos, dünnwandig und den dickeren Fäden entspringen zahlreiche feine Hyphen. Das zuerst gebildete eigenthümliche Mycel ist in diesem Zersetzungsstadium völlig verschwunden. Zuletzt besteht das Mycel (Fig. 13) nur aus äusserst zartem, selbst bei einer Vergrösserung von $\frac{900}{1}$ (Fig. 14) kaum deutlich erkennbarem und sich reich verästelndem Hyphengeflecht. Da, wo das Mycel nach aussen durch die Rinde hindurchwächst, entstehen die Fruchtträger des Parasiten (Fig. 1—4). Selten entstehen dieselben in Form kleiner stecknadelknopf- bis linsengrosser, gelbbrauner runder Polster (Fig. 3 oben rechts); in der Regel wächst das Mycel über eine grössere Fläche gleichmässig aus der Rinde hervor (Fig. 2 und 4), bildet einen gelbbraunen, sammetartigen Ueberzug, der durch jährliches schichtenweises Zuwachsen sich vergrössert und den in der Form sehr mannigfach verschiedenen Fruchtträger bildet. Bevor ich zur Beschreibung desselben übergehe, schicke ich die in Fries „Epicrisis“ in zweiter Auflage 1874, Seite 559 aufgestellte Diagnose für Polyporus fulvus voran.

Polyporus fulvus pileo lignoso-suberoso, durissimo, triquetro, laevi (haud concentrice sulcato), primo hirto villosove, fulvo, demum canescente poris curtis, rotundis, minutis, cinnamomeis, pruina cinereo-lutea primo tectis .... Ad truncos arborum frondosarum, praecipue Populi tremulae. Pileus utrinque convexus, basi lata adnatus, margine minus obtusus, hinc exacte triqueter. Pori haud distincte stratosi. — Pauca citavi synonyma, quum in hac regione exstent plures formae nondum rite determinatae v. c. P. pomaceus Pers. (mihi obvius P. igniarii varietas), P. strigosus Schultz. (forte P. vulpinus).

Was zunächst die Form der Fruchtträger betrifft, so hängt dieselbe ab von der Lage der Fläche, auf welcher derselbe entsteht. Ist es ein horizontal gerichteter Ast (Fig. 4), so entwickelt sich derselbe längs der Unterseite desselben oft in einer Erstreckung von 20 cm und mehr, wächst mit jedem Jahre zu beiden Seiten des Astes etwas mehr in die Höhe, so dass er denselben fast ganz umwachsen kann. Nur soweit, als die Oberfläche nach unten gekehrt ist, entstehen Porencanäle (Fig. 4 a) in derselben, die, ohne irgend welche Schichtung erkennen zu lassen, sich alljährlich verlängern.

Im Uebrigen zeigt die Substanz des Fruchtträgers eine sehr deutliche, vom Aste zur sterilen Oberfläche verlaufende fasrige Beschaffenheit (Fig. 4 b). Die sterile Oberseite ist glatt, ohne Furchung, nur etwas unregelmässig gebuckelt. Entsteht dagegen der Fruchtträger auf einer Verticalfläche, dann bleibt der obere und untere Theil im Vergleich zur Mitte in der Entwicklung etwas zurück (Fig. 1), nur der untere Theil, soweit er die Entwicklung streng vertical verlaufender Porenkanäle ermöglicht, bildet letztere (Fig. 2 a), die, ohne erkennbare Schichtung, eine Länge bis zu 3 cm erreichen können. Bei den nahe verwandten P. igniarius, nigricans, salicinus, conchatus geht die Schichtung auch durch den aus den Kanälen gebildeten Theil des Fruchtträgers (Taf. XV, Fig. 8, 9 und 10). Grosse Verschiedenheiten kommen in der Gestalt der Fruchtträger vor und habe ich nur einige Formen abgebildet. Entweder ist dieselbe eine fast regelmässige Halbkugel, d. h. der am weitesten vorstehende Theil, den man seiner Abrundung wegen kaum als Rand bezeichnen kann, liegt gleich weit vom oberen und unteren Rande des Fruchtträgers ab, oder der Rand liegt tiefer nach unten (Fig. 2), so dass die sterile Oberseite *b* die lange Seite, die Porenfläche *a* die kurze Seite des Dreiecks bildet; oder der am weitesten vorstehende Theil, der Rand des Fruchtträgers, liegt mehr im oberen Theil desselben (Fig. 3), so dass die sterile Seite *b* die kürzere ist.

Bei dem Fig. 3 dargestellten Fruchtträger sind die Kanäle nicht gleichmässig auf der ganzen nach unten gekehrten Fläche entstanden, sondern einzelne steile Flächen sind steril geblieben und sind es noch in dem gegenwärtigen Zustande. Durch diese, als vorstehende Kanten äusserlich erkennbaren sterilen Theile des Fruchtträgers wird derselbe gewissermassen in drei über einander stehende Abtheilungen zerlegt. Die Porenkanäle der höheren Schicht werden geschlossen und in ihrem weiteren Wachsthum begrenzt durch den periodisch vorrückenden sterilen, darunter befindlichen Theil des Fruchtträgers.

Die sterile Oberfläche zeigt in der Regel gar keine deutlichen Furchen, sondern nur unregelmässige Buckel (Fig. 2), zuweilen jedoch treten einzelne flache concentrische Vertiefungen auf (Fig. 3). Die Oberfläche ist im Allgemeinen glatt und eben, aber in der Regel ebenso durch feine Grübchen punktirt, wie die Unterseite (Fig. 1 und 3). Diese Punktirung erklärt sich beim Anblick des inneren Baues der Fruchtträger. Wie an Fig. 2 und 3 deutlich zu erkennen ist, entstehen Porenkanäle in einem Entwicklungsstadium, das erst nach einer Reihe von Jahren erreicht wird, dagegen sieht man zu Anfang einer jeden Wachsthumsschicht (Fig. 2) zahlreiche kleine Grübchen auf der ganzen wachsenden Oberfläche sich bilden, die jedoch alsbald wieder zuwachsen und nur etwa das innere Drittel der Schichtbreite einnehmen. Diese Grübchen sind es, die sich auf der sterilen Oberseite grösstentheils erhalten, da hier die Schichten meist sich zuspitzen, also die Grübchen nicht vollständig überwachsen. Die dickwandigen gelben Hyphen, welche die Substanz des Fruchtträgers bilden, laufen parallel und zwar in der Mitte des Fruchtträgers horizontal, im oberen Theile sich etwas nach oben, im unteren Theile schräg nach unten biegend (Fig. 2); sie geben dem Innern einen sehr auffallenden Seiden- oder Atlasglanz und eine hell bräunlichgelbe Farbe, weit heller gelb, als die verwandten Arten der Gattung Polyporus sind. Während nun bei P. igniarius die Hyphen des Fruchtträgers, ehe sie zwischen die Porenkanäle treten, um die Trama zu bilden, in scharfem Winkel umbiegen und in lothrechter Richtung, d. h. parallel mit den Kanälen, weiterwachsen (Taf. XV Fig. 10), verändern bei P. fulvus, wie Fig. 5 zeigt, die Hyphen ihre schräge Richtung durchaus nicht. In derselben Richtung wachsen sie zwischen den Kanälen, diesen gewissermassen seitlich ausbiegend, weiter, und nur die in der Hymenialschicht endigenden Hyphen (Fig. 6) nehmen dann nachträglich eine annähernd lothrechte Richtung an (Fig. 7). Es ist dieser schräge Verlauf der Tramahyphen höchst interessant und kann man sich ihn nur versinnlichen, wenn man sich in Fig. 5 auch die Vorder- und Hinterwand der Kanäle ergänzt denkt, in welchen die schräg verlaufenden Hyphen, dem Kanale ausweichend, sich fortsetzen. Ein und dieselbe Tramahyphe streicht also in ihrem Verlaufe an einer ganzen Reihenfolge von Kanälen vorüber. Dieselbe Hyphe, die in Fig. 5 im oberen Theile *c* der linken Trama angehört, findet sich in deren mittlerem Theile *b* in der mittleren Trama und im unteren Theile rechts bei *a*.

Untersucht man nun die Hymenialschicht nahe der Mündung des Kanals, so sieht man, dass die an der Spitze farblosen, wachsenden Hyphen (Fig. 6 a) entweder selbst keulenförmig anschwellen *(b)* oder nahe der Spitze eine oder selbst eine Reihe von kugelförmigen plasmareichen Anschwellungen *(b—c)* bilden. Diese, in der Zeichnung auseinander gezerrten Hyphen liegen als äusserste Auskleidungshyphen in der Kanalwandung. Die kugelförmigen Anschwellungen bilden unter sich eine völlig geschlossene Schicht (Fig. 7, 8, 9), die in der Aufsicht einem parenchymatischen Gewebe ähnelt (Fig. 8, 9 c), aber nur aus einer einzigen Lage von Basidien besteht, die in ihrer unteren Hälfte, wo sie unmittelbar der sie tragenden Randhyphe aufsitzen, stark verdickte Wandungen haben, während der obere Theil sehr zarthäutig bleibt und an der Spitze auf dünnen Sterigmen vier farblose rundliche Sporen erzeugt (Fig. 7). Nachdem diese abgefallen sind, schrumpft die dünne leere Basidie zusammen und erhält sich nur der untere stark verdickte Theil derselben unverändert für alle Folgezeit (Fig. 9 b).

Schon zur Zeit der Sporenbildung sieht man im Kanal zahlreiche schön entwickelte Krystalle von oxalsaurem Kalke (Fig. 7 c, Fig. 5 b), welche dem Kanale für das unbewaffnete Auge eine weissliche Färbung verleihen. Hierzu kommen nach Beendigung der Sporenbildung zahlreiche äusserst zarte und verästelte Hyphen, die, wie es scheint, ebenfalls nur denjenigen Hyphen entspringen, auf denen die Basidien aufsitzen (Fig. 9 d). Diese, wenn auch nur sehr lockeren und zarten Hyphen füllen den Kanal aus (Fig. 5 c) und steigern die Weissfärbung derselben (Fig. 3).

Die Färbung, im Inneren löwengelb, ist äusserlich etwas dunkler gelbbraun und auf der sterilen Oberseite aschgrau, selten einen etwas schwärzlichen Ton erhaltend, die Substanz eben so hart wie die

des P. igniarius. Vergleicht man mit dieser ausführlicheren Beschreibung des Parasiten die Fries'sche Diagnose, so stösst man doch auf verschiedene Angaben, welche es mindestens als zweifelhaft erscheinen lassen, ob nicht der vorliegende Pilz als eine besondere Species zu betrachten sein dürfte. Leider steht mir ein unzweifelhafter P. fulvus nicht zu Gebote, so dass ich diese Frage einstweilen offen lassen muss.

Die Zersetzung des Holzes beginnt zunächst mit der Aufzehrung des plasmatischen Inhaltes der Markstrahlzellen, der die üppige Entwicklung des Mycels vor Allem zu fördern scheint (Fig. 11). Die Pilzbohrlöcher in den Wandungen erweitern sich nach dem Verschwinden der ersten Mycelform ungemein, so dass grosse, die Tipfelgrösse oft übersteigende unregelmässig geformte Löcher in den Wänden sich zeigen (Fig. 12 und 13). Die Auflösung erfolgt also gewissermassen gleichmässig ohne Unterscheidung der einzelnen Wandschichten. Diejenigen Linsenräume, in deren Innerem sich das Mycel üppig entwickelt hatte (Fig. 11), sind entweder ganz ihrer Wandungen beraubt (Fig. 12 b oben), erscheinen also wie grosse runde Löcher, oder es ist nur die eine Hofwand aufgelöst, die andere noch zum Theil erhalten und nur mit erweiterter Oeffnung (Fig. 12 c oben) versehen. Je nachdem nun von den beiden Wandungen des Linsenraumes mehr oder weniger vorhanden ist, erscheinen die Tipfel in der Aufsicht höchst verschiedenartig (Fig. 12 und 13). Nicht selten kommt der Fall vor, dass die eine Wand ganz aufgelöst, die andere mit der Schliesshaut versehene noch ganz erhalten, die Schliesshaut aber fein gekörnelt ist. Alsdann erhält man ein interessantes Bild, indem nur die Schliesshaut deutlich zu erkennen ist. Dass auch noch eine zarte Hofwand vorhanden, aber nicht gekörnelt ist, erkennt man Fig. 13 über c.

Die letzten Zersetzungsstadien, besonders in der Nähe der weisslichen Flecken, zeichnen sich dadurch aus, dass zunächst die mittlere Wandschicht sich von der äussersten zarten Schicht loslöst und dadurch eine Isolirung der Organe stattfindet (Fig. 13 c). Fast gleichen Schritt in der weiteren Auflösung mit der mittleren Wandschicht hält die Aussenschicht. Zunächst lösen sich die dünnsten Stellen derselben auf, zuletzt die in der Nähe der Intercellularkanäle befindlichen Theile. Es bleiben auch hier zuletzt nur die vier- oder dreikantigen Leisten übrig (Fig. 13 zwischen c und d, d und e oben). Die Auflösung der mittleren und innersten Schicht, die bei einem gewissen Zersetzungsstadium nicht mehr von einander zu unterscheiden sind, äussert sich durch Verdünnung derselben und zuletzt dadurch, dass eine äusserst zarte, spiralig von rechts nach links aufsteigende Anordnung der Moleküle sich zu erkennen giebt (Fig. 13 d und e obere Hälfte). Im untereren Theile von e ist die Wandung völlig aufgelöst und nur die äusserst zarte, watteartige Mycelausfüllung zu erkennen. Die chemische Elementaranalyse solchen weissen faulen Tannenholzes, dessen Zersetzung theils den Fig. 12, theils den Fig. 13 dargestellten Zuständen entspricht und welches, wie oben schon gesagt, ein specifisches Gewicht von 0,27 besass, ergab nach Dr. Daube:

48,95 C. 6,01 H. 43,71 O + N und 1,33 Asche,

oder auf aschenfreie Substanz berechnet

49,61 C. 6,10 H. 44,29 O + N.

Gesundes Weisstannenholz zeigt nach demselben:

50,95 C. 5,91 H. 42,21 O + N. 0,93 Asche, oder aschenfrei

51,43 C. 5,96 H. 42,61 O + N.

Der chemische Gesammteffect dieses Zersetzungsprocesses äussert sich somit wesentlich in einer nicht unerheblichen Steigerung des Sauerstoffs auf Kosten des Kohlenstoffgehaltes. Der Gehalt an Kohlenstoff hat sich durch die Zersetzung von 100 auf 96,46 % vermindert. Es würde somit dieser Process in die Kategorie der früher als Verwesung oder Vermoderung bezeichneten Processe gehören. Es ist aber nicht unberücksichtigt zu lassen, dass ein grosser Theil der untersuchten Substanz nicht aus zersetztem Holze, sondern aus den in demselben enthaltenen Pilzfäden besteht. Es bleibt somit noch die Frage offen, ob jene Sauerstoffzunahme nicht lediglich auf Rechnung der der Cellulose mehr verwandten Pilzcellulose zu setzen ist, ob nicht die Holzsubstanz, für sich allein betrachtet, entweder die Zusammensetzung des gesunden Holzes beibehalten hat oder sogar einen grösseren Kohlenstoffgehalt besitzt, wie letzteres. Selbstredend ist eine getrennte Untersuchung des Pilzmycels und der Holzsubstanz unmöglich.

Fragen wir nach den forstlichen Massregeln, welche zu ergreifen sind, um gegen diese Krankheit einzuschreiten, so sind diese ähnlich denen, die für Trametes Pini angeführt wurden. Der Umstand, dass es in erster Linie die Krebsstellen, welche durch Peridermium elatinum erzeugt werden, sind, an denen die

Sporen des P. fulvus den Baum angreifen, fordert dazu auf, die Weisstannenbestände in den Durchforstungen möglichst von Krebsbäumen zu säubern. Im Schwarzwalde geschieht dies schon seit langer Zeit. Man haute dort, wenigstens im Würtembergischen Revier Herrenalb, die Krebsstämme, wenn sie auch zu den dominirendsten Stämmen gehören, rücksichtslos heraus, und hat dort eine Massregel seit lange durchgeführt, die, wie ich schon bei Trametes Pini anführte, in Bezug auf alle Schwammbäume durchgeführt werden sollte. Ich besitze Weisstannenkrebse, deren Holz sich durchaus fest und gesund zeigt, obgleich die Rinde ziemlich stark aufgesprungen ist, andere Krebsstücke, an denen der P. fulvus sich angesiedelt hatte, waren so völlig weissfaul, dass der Sturm den Baum an dieser Stelle gebrochen hatte. Da man in der Praxis die Herausnahme der Krebstannen vorwiegend desshalb vornimmt, weil erfahrungsmässig die meisten derselben an der Krebsstelle weissfaul und durch den Wind gebrochen werden, oder oberhalb derselben in Folge eingetretener Weissfäule vertrocknen, so ist in der That die Herausnahme der Krebsstämme mehr eine Massregel gegen P. fulvus wie gegen Peridermium elatinum.

Ich führe dies nur desshalb an, weil wir hier eine Massregel in der Praxis seit lange durchgeführt sehen, die ich als dringend erforderlich gegen alle baumzerstörenden Parasiten nicht warm genug empfehlen kann.

ERKLÄRUNG DER ABBILDUNGEN.

Tafel VII.

Fig. 1. Noch jugendlicher Fruchtträger von Polyporus fulvus in der Aufsicht. Vergr. $^1/_1$.

Fig. 2. Aelterer Fruchtträger, durch Verticalschnitt getheilt. Das Stück Weisstannenholz, aus dem derselbe hervorgewachsen ist, zeigt sich völlig weissfaul. Da zwischen Holz und Fruchtträger keine Rinde vorhanden ist, so muss der Fruchtträger sich unter der Rinde gebildet und dieselbe abgestossen haben, oder es muss eine Schalmwunde vorhanden gewesen sein. Die Kanäle finden sich nur auf der Unterseite, die sterile Oberfläche *b* zeigt feine Poren, die auch zu Anfang jeder Wachsthumsschicht zu erkennen sind. Vergr. 1.

Fig. 3. Sehr grosser, auf $^1/_3$ verkleinerter Fruchtträger, der auf der Rinde des Stammes sitzt, also aus derselben hervorgewachsen ist. Die genaue Beschreibung siehe Seite 42.

Fig. 4. Weisstannenast in schräger Längsansicht und auf $^1/_3$ verkleinert gezeichnet, mit Fruchtträger von Polyporus fulvus. Aus der Rinde des Astes treten zwischen den Nadelkissen einzelne kleine Pilzpolster hervor.

Fig. 5. Schwach vergrösserter Durchschnitt durch zwei Kanäle des Fruchtträgers. Unten *a* die Mündung derselben, *b* der noch Sporen erzeugende Theil, nicht weit von der Mündung *c* der älteste Theil, wo die Trama in die Substanz des Hutes *d* übergeht. Die Hyphen der Trama verlaufen schief in derselben Richtung, wie in der Hutsubstanz. Vergr. $^{50}/_1$.

Fig. 6. Ein Theil von Fig. 5 a vergrössert. Die wachsenden Hyphen der Trama *a*. Die den Kanal auskleidenden Hyphen schwellen nicht weit von der Mündung bei *b* an und bilden eine Mehrzahl blasenförmiger, den Hyphen unmittelbar aufsitzender Basidien *b—c*. Vergr. $^{360}/_1$.

Fig. 7. Hymenialschicht. Die Randhyphen *a* tragen die unter einander verwachsenden Basidien *b*, auf deren Sterigmen noch hier und da Sporen aufsitzen. Oxalsaurer Kalk in zahlreichen Krystallen *c* findet sich im Kanale abgesondert. Vergr. $^{360}/_1$.

Fig. 8. Hymenialschicht in der Aufsicht. Der untere Theil der Basidien zeigt stark verdickte Wandungen. Einzelne Basidien sind noch mit Plasma erfüllt, eine zeigt 4 Sporen. Vergr. $^{360}/_1$.

Fig. 9. Alte, steril gewordene Hymenialschicht. *a* die Hyphen der Trama; *b* die Hymenialschicht im Querschnitt; nur der verdickte untere Theil der Basidien ist noch vorhanden; *c* dieselbe in der Aufsicht. Einzelne sehr zarte und verästelte Hyphen (*d*) entspringen den Basidien tragenden Randhyphen und füllen den Kanal mit lockerem Fadengewirr aus. Vergr. $^{360}/_1$.

Fig. 10. Ein Stück Weisstannenholz, durch Polyporus fulvus zersetzt. Die rechte Vorderkante ist noch fast ganz gesund und nur etwas röthlich gefärbt. Schwarze, unregelmässig verlaufende Linien trennen das weissfaule Holz von dem festen, kommen aber auch innerhalb des letzteren vor. Auf gelblichem Grunde sind zahlreiche weisse Längsflecke zu erkennen. Vergr. $^1/_1$.

Fig. 11. Einzelne Tracheiden aus dem dunkelbraunen Streifen auf der Grenze des weissfaulen Holzes. Die Mycelhyphen des Parasiten üppig entwickelt und mit blasigen oder traubenförmigen Seitenästen, die mit Vorliebe die Linsenräume ausfüllen. Einzelne äusserst zarte farblose Hyphen entspringen den gelb gefärbten und durchbohren die Wandungen. Vergr. $^{360}/_1$.

Fig. 12. Weiteres Zersetzungsstadium. Das Mycel ist farblos, dünner und dünnwandiger. Die Bohrlöcher in den Wandungen stark erweitert. Die Tipfelwände theils ganz aufgelöst, theils nur die eine Wand noch zeigend, oder von jeder Wand noch einen Theil besitzend. Vergr. $^{360}/_1$.

Fig. 13. Zersetzungszustände bis zur völligen Auflösung. Aeusserst zartes und reichliches Mycel füllt die Organe aus und bleibt zuletzt (*e*) allein übrig. Die äussere Wandschicht löst sich etwas früher auf, als die mittlere und innerste, trennt sich vorher von derselben (*c* oben). Zwischen *d* und *e* oben sind nur noch die etwas dickeren 3- oder 4kantigen Leisten in der Umgebung der Intercellularräume von der Aussenwandung vorhanden. Die mittlere Wandschicht verdünnt sich allmälig, erhält vor der Auflösung eine von rechts nach links aufsteigende spiralige Molekularstructur (*d e* oben). Die Tipfel, deren eine Wandung mit der Schliesshaut nicht vorher aufgelöst ist, zeigen vor der endlichen Auflösung eine feine Körnelung der Schliesshaut (*c*). Vergr. $^{360}/_1$.

Fig. 14. Das feine Mycel, stark vergrössert. Vergr. $^{960}/_1$.

POLYPORUS VAPORARIUS FR.

Tafel VIII.

Die Zersetzungserscheinung, welche durch Polyporus vaporarius erzeugt wird, habe ich sowohl bei Fichten als vornehmlich an Kiefer, Pinus silvestris, zu beobachten Gelegenheit gehabt. In einem im Oberforst Holzminden auf dem Solling gelegenen, ca. 80jährigen Fichtenbestande, welcher durch Sommerschälen des Rothwildes in früheren Jahren beschädigt war, zeigte eine Fichte diese Zersetzung, die offenbar von der Schälstelle ausgegangen war, noch auf grosse Höhe im Baume. In der Mark habe ich die Zersetzung in älteren Kiefernbeständen sehr häufig beobachtet und zwar ausnahmslos von den Wurzeln ausgehend, oft hoch in den Baum emporsteigend, oft nur als Stockfäule einzelne rothbraune Flecke am unteren Stammende zeigend. Besonders häufig hatte ich die Krankheit in einem etwa 100jährigen Kiefernbestande des Gr. Schönebecker Revieres der Mark zu beobachten Gelegenheit, als ich nach dem grossen Sturmschaden des Sommers 1877 jenes Revier besuchte. Die zum Theil nicht mit den Wurzeln aus dem Erdboden gehobenen, sondern höher oder tiefer am Stamme gebrochenenBäu me waren vielfach gesplittert und zwar besonders dann, wenn sie faul waren. Deutlich konnte man erkennen, dass oft nahe zusammen eine grössere Anzahl der alten Bäume diese Krankheit zeigte. In den Kiefernstangenorten der hiesigen Institutsforste habe ich ebenfalls einzelne Flächen gefunden, auf denen die Stämme in Folge der völligen Zersetzung der Wurzeln und des Wurzelstockes durch diesen Pilz getödtet waren und umfielen.

Aus Schlesien endlich ist mir das untere Stammende einer vielleicht 50—60jährigen Kiefer zugesandt, welches durch und durch den sogleich zu beschreibenden Zersetzungsprocess zeigte.

Es charakterisirt sich derselbe dadurch, dass in der Regel von den Wurzeln, zuweilen auch von oberirdischen Wundflächen aus das Holz zunächst sich hellbraun und bald darauf dunkel rothbraun färbt (Taf. VIII Fig. 1). Mit dem Eintreten der Braunfärbung ist eine auffallende Volumverminderung verknüpft, die schon im frischen Zustande Veranlassung zu verticalen und horizontalen Rissen und Sprüngen giebt, deren Grösse nach dem Zusammentrocknen bedeutend zunimmt (Fig. 1 u. 2). Kiefer und Fichte unterscheiden sich dabei in keiner Weise. Das Gewicht des Holzes nimmt ungemein ab, unterscheidet sich in dieser Beziehung durchaus nicht von dem nachfolgend beschriebenen, durch P. mollis zerstörten Holze. Ausser der grossen Leichtigkeit und Trockenheit ist es charakterisirt durch den muscheligen Bruch und den holzkohlenartigen Glanz der Bruchfläche. Es macht das Holz überhaupt den Eindruck der Meilerkohle, von der es sich nur durch die rothbraune Farbe unterscheidet. Ein leichter Druck eines Holzstückes zwischen zwei Fingern lässt dasselbe in das feinste Pulver zerfallen, wodurch es sich ebenfalls als verwandt mit dem von P. mollis zerstörten Holze erweist. Eine höchst auffällige Verschiedenheit von diesem besteht aber in der Geruchlosigkeit, während das von P. mollis zerstörte Holz einen penetranten, wenn auch nicht unangenehmen, dem

Terpentin ähnlichen Geruch besitzt. Weitere Unterschiede bestehen in der Bildung des äusserlich zwischen den Spalten des Holzes oder zwischen Holz und Rinde vegetirenden Mycels. In den Höhlungen und Spalten des Holzes bildet das Mycel eine äusserst zarte, lockere weisse Wolle (Fig. 1 e), welche in der Figur die braune Farbe des Holzes hier und da durch sich hindurchscheinen lässt, selbst aber völlig reinweiss ist. Bei P. mollis zeigt sich ebenfalls in den Spalten ein Mycel, welches aber immer eine kalkartige, ziemlich dichte Kruste bildet. Wo grössere Spalten im Holze sich finden, vor Allem aber auf der Aussenseite getödteter Stämme unter der vertrockneten und gelockerten Rinde, bildet das Mycel sehr eigenthümliche, schneeweisse, sich vielfach verästelnde, aber an den Berührungspunkten auch wieder unter einander verwachsende Stränge, die, auf der Oberfläche des Holzes diesem sich anschmiegend und hier und da in die Spaltenräume hineinwachsend, vegetiren (Fig. 2 a), oder auch zu grossen rundlichen Strängen frei in Spalten des Holzes sich entwickeln (Fig. 3).

Diese den Rhizomorphen ähnlichen Pilzstränge sind stets weiss und bestehen nur aus meist parallel verlaufenden, dickwandigen, wenig verästelten und sparsam septirten Hyphen (Fig. 4). Nach aussen treten viele Hyphenendigungen aus der Masse des Stranges hervor und veranlassen jene fein behaarte Oberfläche der in Fig. 3 in natürlicher Grösse dargestellten Stränge. Diese haben in ihrer Gestalt grosse Aehnlichkeit mit manchen Mycelbildungen des Merulius lacrymans. Bildungen des Hausschwammes, welche denen, wie sie Fig. 2 a. a dargestellt sind, sehr ähnlich sind, kommen sehr häufig vor. Ich möchte auch den Zersetzungsprocess des Holzes durch P. vaporarios als einen, der Zerstörung durch Hausschwamm sehr ähnlichen bezeichnen. Bekanntlich bekommt Fichten- und Kiefernholz, durch den Hausschwamm zerstört, dieselbe rothbraune Farbe und tiefe, rechtwinklig auf einander stossende Risse, durch welche das Holz in Würfel oder rechteckige Körper zerfällt wird.

Untersucht man das Mycel, welches als lockere Wolle die Spaltenräume erfüllt (Fig. 1 c), so zeigt dasselbe zum Theil ganz ähnliche dickwandige Hyphen (Fig. 5 b. b), wie sie Fig. 4 von den runden Strängen abgebildet sind. Ausser ihnen wird die Wolle aber auch aus sehr zartwandigen Hyphen gebildet, die zum Theil sehr dick und plasmareich (Fig. 5 a. a), theilweise aber auch sehr fein sind (Fig. 5 c. c). Die Hyphen sind septirt und zeigen oftmals deutliche Schnallenzellen, oder eigenthümliche Anschwellungen zu beiden Seiten der Scheidewand. Wenn der Inhalt der zartwandigen Hyphen verschwindet, geschieht dies in der Regel nicht gleichzeitig durch den ganzen Faden, sondern oft bei grosser Regelmässigkeit abwechselnd aus einer Zelle um die andere. Die noch Plasma enthaltenden Glieder erscheinen sodann im Vergleich zu den collabirten Zellen tonnenförmig angeschwollen (Fig. 5 d).

Im Allgemeinen nur selten trifft man in den Spalten oder unter der Rinde auf der Aussenfläche des Holzes die Fruchtträger des Parasiten in Form weisser, krustenartiger Ueberzüge (Fig. 6). Im günstigsten Falle kann der Fruchtträger eine Dicke von 5 mm erreichen (Fig. 7), in der Regel fand ich ihn als dünneren, von der Unterlage nicht trennbaren, sondern innig damit verwachsenen, anfänglich schneeweissen, im trocknen Zustande etwas schmutzig gelbweissen Ueberzug, dessen Rand sich ebenfalls nicht abheben liess, sondern der Unterlage fest anlag.

Ich habe nur Gelegenheit gehabt an verticalen Flächen entwickelte Fruchtträger zu beobachten, deren Kanäle eine Länge von 3—5 mm erreichten, aber immer wegen der steilen Lage, die mit der geringen Dicke des Fruchtträgers zusammenhängt, fast zur Hälfte offen standen, so dass die Gestalt der Porenöffnung nicht gut bestimmt festzustellen war. Die Substanz des Fruchtträgers besteht aus sehr zarthäutigen, verästelten, septirten, reichlich farblose Oeltropfen haltenden Hyphen (Fig. 8 a), untermischt mit einzelnen dickwandigen, sich nur selten verästelnden, den Fig. 4 dargestellten Hyphen ganz gleichen, aber nicht in die Trama der Kanäle hineingehenden Fäden. Wie Fig. 8 zeigt, sind die zarthäutigen Hyphen der Trama annähernd parallelläufig, in der Hutsubstanz *a* dagegen verfilzt, ein regelloses Geflecht bildend. Die dickwandigen Hyphen enden mit pfriemenförmiger oder birnförmig verdickter Spitze nahe der Basis der Kanäle. Die Hymenialschicht *c* wird aus kurz keulenförmigen Basidien gebildet, die nicht dicht geschlossen und gedrängt zusammen, sondern, wie Fig. 9 zeigt, in der Aufsicht kranzförmig gruppirt stehen. Die Sporen sind farblos, länglich und etwas gekrümmt, fast nierenförmig.

Die Zersetzung des Holzkörpers unter der Einwirkung der im Allgemeinen nicht sehr üppig im Inneren der Tracheiden sich entwickelnden Pilzhyphen nimmt nachstehenden Verlauf. Die Mycelfäden sind

theils dick-, theils dünnwandig, durchbohren, ohne reiche Verästelung zu zeigen, die Wandungen, dabei den Tipfeln keinen Vorzug gebend. Beim Durchbohren vermindert sich der Durchmesser der Hyphe innerhalb der Wandung bedeutend (Fig. 11 c, Fig. 13 a), und verdickt sich jenseits zum normalen früheren Durchmesser. Zuweilen schwillt die Hyphe ausserhalb der Wandung selbst etwas birnförmig an (Fig. 11 c).

Innerhalb der Wandung findet nachträglich eine Auflösung der mittleren Wandungsschicht auf grössere Distanz statt (Fig. 11 c), so dass in der Flächenaufsicht das feine Bohrloch der äussersten und innersten Wandschicht umgeben ist von einem um das Mehrfache grösseren Kreise, welcher die Grenze des aufgelösten Theiles der Mittelschicht jeder Wandung angiebt (Fig. 11 d. d). Die chemische Einwirkung auf die Zellwandungen äussert sich einestheils in Braunfärbung, andererseits in einer gleichmässigen Volumverminderung der inneren Wandungsschichten, die bei Behandlung mit sehr verdünnter Kalilauge stark quellen, bei etwas stärkerer Lauge völlig sich auflösen. Schon sehr verdünnter Ammoniak löst einen grossen Theil der Wandung auf.

Die Volumenverminderung der Wandung hat im dünnwandigen Frühlingsholze keine oder nur hier und da (Fig. 11 rechts liegende Faser) Risse zur Folge (Fig. 10 a). Im dickwandigen Herbstholze (Fig. 10 b) dagegen entstehen zahlreiche Spalten, die aber nie in die äussere Wandung sich fortsetzen (Fig. 13). Es ist gewiss höchst interessant, dass zwei Zersetzungsprocesse, welche so nahe verwandt sind, wie dieser und der nachfolgend beschriebene, durch P. mollis erzeugte Process, bei derselben Holzart sich durch die Gestalt der Risse in den Wandungen wesentlich von einander unterscheiden. Während nämlich bei P. mollis (Taf. IX) die Spalten in schräger, von rechts nach links aufsteigender Richtung oft einen halben Umlauf um das Zellenlumen machen, also sehr langgestreckte Einzelrisse darstellen, bildet P. vaporarius immer kleinere, aber zahlreiche über einander stehende, gewissermassen einen grossen verticalen, componirten Spalt bildende Schrägspalten (Fig. 13). Hier und da kommen bei P. mollis wohl ähnliche kleine Spalten in den Wandungen vor neben jenen langen Rissen, nie kommen aber bei P. vap. neben den kleinen Spalten auch lange vor. Der Unterschied ist ein höchst auffälliger und charakteristischer und von mir an zahlreichen Stücken verschiedener Bäume stets zutreffend befunden. Im Querschnitt erscheinen in der Wandung die Spalten in Form tiefer, meist bis auf die Aussenwandung reichender, diese selbst aber nie erreichender dreieckiger oder unregelmässiger Ausschnitte (Fig. 13 oben). Die Tipfelräume (Fig. 10 b, Fig. 13 d. e) erscheinen stets offen, ohne Schliesshaut, offenbar in Folge davon, dass die Volumverminderung, die das Entstehen der Wandungsrisse zur Folge hatte, leicht die Losreissung der Schliesshaut von der Wand herbeiführte.

Im Frühlingsholze entstehen in Folge der Volumverminderung am Rande des inneren Tipfelrandes zahlreiche radiale Sprünge (Fig. 11), die ebenfalls eine Lostrennung der Schliesshaut und ein Herausfallen derselben in der Regel zur Folge haben (Fig. 11 f. f. e). Wie Fig. 12 im Querschnitt zeigt, erhält sich die Schliesshaut oftmals noch bis zu hohen Zersetzungsstadien. Der Gesammteffect der Volumverminderung äussert sich in dem Zerklüften des Holzes, wie dies Fig. 1 und 2 dargestellt ist; die zahlreichen kleinen Risse tragen wesentlich dazu bei, dass bei geringem Drucke das Holz in das feinste gelbe Mehl zertrümmert wird. Der Verlauf der Tracheiden zeigt viele wellige Krümmungen in der Längsansicht Fig. 11, wie im Querschnitt Fig. 12. Eine chemische Elementaranalyse ist von diesem Holze nicht angefertigt, da dasselbe fast ebenso beschaffen sein dürfte, wie das von P. mollis zerstörte Holz. Indem ich auf die dort mitgetheilten Ergebnisse verweise, bemerke ich nur, dass auch hier ohne Zweifel eine bedeutende Zunahme des Kohlenstoffgehaltes vorausgesetzt werden darf, und dass wir es mit einer Art von Verkohlungsprocess zu thun haben, dem nicht allein die bezeichneten technischen Eigenschaften zuzuschreiben sind, sondern auch die äusserst langsame weitere Zersetzung. Nur wenig Pilzfäden findet man in dem sauerstoffarmen Holze vor, dasselbe scheint sich, vorwiegend nur noch äusserlich und in den Spalten des Holzes zu entwickeln, wo unter directem Sauerstoffzutritt die Pilzvegetation und die Einwirkung auf das Holz noch stattfinden kann. Es erhält sich das Holz in einem gewissen Zersetzungsstadium lange Zeit unverändert, wie trockene Kohle. Nur dann, wenn aus hohlen Bäumen, oder nach der Fällung eines Baumes durch Wind oder Menschenhand die zerbrechlichen Holzstücke auf dem Erdboden stets oder doch wiederholt anhaltend feucht liegen, dann scheint erst unter gleichzeitiger Einwirkung mancher anderer saprophytischer Pilze die Zersetzung fortzuschreiten, ein weiteres Zerfallen, Morschwerden und gänzliches Auflösen des Holzes einzutreten, ähnlich wie ja auch andere kohlenstoffreiche Humuskörper, feucht und in freier Luft endlich sich völlig zersetzen.

Forstliche Massregeln gegen den Parasiten in Vorschlag zu bringen, bin ich bis jetzt ausser Stande. Zum Glück ist derselbe im Allgemeinen auch nicht so häufig verbreitet, dass grössere Verluste durch ihn herbeigeführt werden. Wird auch mancher stattliche Baum durch ihn von den Wurzeln aus gerade in seinem werthvollsten unteren Stammtheile zerstört, entstehen auch hier und da kleinere Lücken im Bestande, wo er dem Anscheine nach, ähnlich wie Trametes radiciperda, von Wurzel zu Wurzel sich verbreitet, so fallen diese Beschädigungen doch ganz ausser Gewicht in Vergleich zu den vorher angeführten Parasiten.

ERKLÄRUNG DER ABBILDUNGEN.

Tafel VIII.

Fig. 1. Ein Stück Kiefernholz von einer circa 50jährigen Kiefer, die von den Wurzeln aus durch Polyporus vaporarius getödtet war: *a* gebräuntes und schon erkranktes Holz; *b* weiteres, durch dunkleres Braun und durch Zerklüften charakterisirtes Zersetzungsstadium; *c* wolleartiges lockeres Mycel in den Spaltenräumen des zersetzten Holzes. Vergr. $^1/_1$.

Fig. 2. Stark zersetztes Holz einer Kiefer, an welcher in Spaltenräumen das Mycel zu reich verästelten Strängen sich entwickelt hat. Wo die Stränge in engere Risse hineinwachsen, wird dasselbe wolleartig locker *b*. Vergr. $^1/_1$.

Fig. 3. Ein frei entwickelter Mycelstrang. Vergr. $^1/_1$.

Fig. 4. Hyphen aus der Substanz des Mycelstranges. Vergr. $^{360}/_1$.

Fig. 5. Hyphen des wolligen Mycels Fig. 1 *c*, gemischt aus dickeren, aber dünnwandigen (*a. a*), mit sehr dickwandigen Hyphen *b. b*, ferner dünneren, reich verästelten, septirte Schnallenzellen führenden Fäden *c. c* und ähnlichen, deren Inhalt aber zum Theil geschwunden ist, so dass die Wandungen einzelner Zellen zu dünnen Fäden collabirt sind, *d. d*. Vergr. $^{360}/_1$.

Fig. 6. Fruchtträger von Polyporus vaporarius auf einem Stück zersetzten Kiefernholzes. Vergr. $^1/_1$.

Fig. 7. Derselbe durchschnitten. Vergr. $^1/_1$.

Fig. 8. Substanz der Fruchtträger, aus verworrenen dickwandigen und zarthäutigen Hyphen *a* zusammengesetzt, während die Trama nur aus zarthäutigen, Oel führenden parallel laufenden Hyphen *b* besteht. Die Hymenialschicht *c. c* aus locker stehenden, kurz keulenförmigen Basidien zusammengesetzt. Vergr. $^{360}/_1$.

Fig. 9. Die Hymenialschicht in der Aufsicht mit zahlreichen Sporen tragenden Basidien. Vergr. $^{360}/_1$.

Fig. 10. Stück zersetzten Kiefernholzes; das Frühjahrsholz *a* mit wenigen, das Herbstholz *b* mit zahlreichen Spalten.

Fig. 11. Zwei Tracheiden des Frühlingsholzes, stärker vergrössert. Die theils braun gefärbten *a*, theils farblosen und Schnallenzellen führenden Hyphen *b*, durchbohren die Wandungen *c*, wobei dieselben ausserhalb häufig anschwellen, in der Wandung sehr dünn sind. Die Mittelschicht jeder einzelnen Wandung löst sich auf weitere Entfernung auf, so dass in der Aufsicht *d. d* das ursprüngliche Bohrloch von einer weiteren Grenzlinie umgeben ist. Die Schliesshaut der Tipfel fällt zum Theil heraus, *e*. Viele Tipfel zeigen radiale Risse, *f*. Die rechts liegende Tracheide zeigt in der Wandung zahlreiche über einander stehende kleine Spalten. Vergr. $^{360}/_1$.

Fig. 12. Querschnitt durch Tracheiden des Frühlingsholzes. In den oberen Zellen ist noch die Schliesshaut der Tipfel vorhanden, sie ist herausgefallen aus dem unteren Tipfel.

Fig. 13. Zwei Tracheiden des Herbstholzes mit braunen Mycelfäden *a. a*, feinen farblosen Hyphen *b*, zahlreichen componirten, vertical verlaufenden Rissen *c*. Die Tipfel sowohl im Querschnitt *d*, wie in der Aufsicht *e* als offene Löcher erscheinend.

POLYPORUS MOLLIS FR.

Tafel IX.

Die durch Polyporus mollis erzeugte Krankheitserscheinung habe ich bisher nur an zwei etwa 100jährigen Kiefern, von denen die eine in der Oberförsterei Gr. Schönebeck, die andere in der Oberförsterei Biesenthal, beide in der Nähe von Eberswalde gelegen, stand. Sie hat in ihrem Verlaufe und in der Färbung wie Beschaffenheit des zersetzten Holzes sehr grosse Aehnlichkeit mit der von Polyporus vaporarius stammenden Krankheit, d. h. in den beiden von mir beobachteten Fällen war die Zersetzung von den Wurzeln ausgegangen, hatte sich im Stamme aufwärts bis zu einer Höhe von circa 10 m verbreitet. Das Kernholz der Wurzeln und des Wurzelstockes war vollständig zersetzt, bei dem einen Baume war selbst auf der einen Seite die Fäulniss bis nach aussen vorgedrungen und hatte Veranlassung gegeben zu einem Hohlwerden desselben, indem aus der seitlichen Oeffnung des Stammes das trockenfaule Holz theilweise herausgefallen war. Im Uebrigen war die Splintschicht durch eine stark verharzte Zone gegen das Vordringen des Parasiten geschützt. Höher im Stamme aufwärts endete die Zersetzung, im Kernholze sich zuspitzend. Das erkrankte Holz zeichnet sich zunächst durch eine tiefbraunrothe Färbung aus (Fig. 1), ist zwar weicher und mürber, als das gesunde Holz, zeigt aber doch noch eine grosse Festigkeit, die ein Zerbrechen desselben nicht leicht macht. Der Wassergehalt scheint ebenfalls erheblich geringer zu sein, wie der des gesunden Holzes. Wenn solches Holz nass wird und im Freien feucht liegt, so entstehen an verschiedenen Stellen auf dessen Oberfläche die Fruchtträger (Fig. 1, 3, 7), die weiter unten beschrieben werden sollen. Ein weiteres Zersetzungsstadium (Fig. 2) ist dadurch charakterisirt, dass das Holz, dessen Farbe mehr oder weniger gelbbraun oder rothbraun ist, schwindet und Risse bekommt, wie sie schon bei dem durch Polyporus vaporarius zersetzten Holze beschrieben und allgemein an dem vom Hausschwamm ergriffenen Holze bekannt sind. Es zerfällt dadurch das Holz in mehr oder weniger cubisch geformte Stücke. Im frischen Zustande sind die Risse nicht so gross, als nach längerem Austrocknen im Zimmer. An Holzstücken von 30 cm Länge, die einige Zeit im Zimmer aufbewahrt wurden, schwand das faule Holz auch in der Längsrichtung so bedeutend, dass die Länge von 30 cm sich dadurch auf 28 cm verminderte, die Risse und Spalten im Inneren sind dabei ganz unberücksichtigt gelassen. Das specifische Gewicht des Kiefernholzes, welches nach Feststellung durch Dr. Daube hierselbst im gesunden Zustande 0,57 betrug, war an dem faulen Holze auf 0,19 herabgesunken. Da das stattgehabte Schwinden nicht in Anrechnung gekommen ist, so hat selbstredend noch eine grössere Substanzverminderung stattgefunden, als durch das Verhältniss von 57 : 19 oder 100 : 33,3 angezeigt ist.

Der Bruch und Glanz erinnert lebhaft an die Meilerkohle, ein leichter Druck zwischen den Fingern lässt es in äusserst feines gelbes Pulver zerfallen. Die Spaltenräume des Holzes zeigen sehr oft Mycelbildungen, die sich durch schneeweisse Färbung auszeichnen, aber immer nur einen feinen, kreideartigen,

fest anliegenden Ueberzug bilden, der beim Herausbrechen eines Stückes auf der Spaltfläche stellenweise sitzen bleibt, stellenweise sich loslöst, der anderen Wandung des Spaltenraumes anhaftend (Fig. 2 c). Weder solche Mycelstränge, noch lockere wolleartige Mycelausfüllungen, wie sie bei Polyporus vaporarius (Taf. VIII Fig. 1 u. 2) charakteristisch sind, treten hier auf. Die Mycelkrusten sind kreideartig, indem sich an den Hyphen grosse Mengen von Harz abgelagert haben (Fig. 14 a), die anfänglich in Tropfenform an den einzelnen Hyphen sich niederschlagend nachträglich erstarren und amorphe krustenartige Ueberzüge bilden, die durch Terpentinöl schnell abgewaschen werden können (Fig. 14 b).

Höchst charakteristisch für diese Zersetzungsart ist der intensive Terpentingeruch des Holzes, der im frischen Holze sogar etwas Scharfes besitzt, aber noch nach Jahren an Sammlungsstücken erkennbar bleibt. Ich habe diesen Geruch an dem ganz ähnlichen, von Polyporus vaporarius zersetzten Kiefernholze nicht bemerkt und nehme ich an, dass die Zersetzungsart einen noch näher festzustellenden Einfluss auf den Terpentingehalt des Holzes ausübt. Ich will in dieser Beziehung nur noch hervorheben, dass das faule Holz im frischen Zustande sehr reichen und dünnflüssigen Terpentin enthält, besonders auf der Grenze gegen das gesunde Holz. Der Terpentin bildet vielfach wasserhelle reichliche Tropfen in den Spalträumen des Holzes. Vergrössern sich nun in Folge des Austrocknens im Zimmer die Risse, dann werden die Terpentintropfen, die mit der anderen Wand des Spaltes in Berührung standen, in der Mitte fadenförmig ausgezogen (Fig. 15), erstarren zu glasartigen harten Fäden resp. Kugeln, die bei der geringsten Berührung zerspringen. In Fig. 15 sind die oberen 3 Tropfen der einen, die unteren 3 Tropfen der anderen Wand eines Spaltenraumes aufsitzend zu denken (Vergrösserung 10/1).

Die in Fig. 2 bei *b* dargestellten Löcher stammen daher, dass gleichzeitig in dem Baume, von oben nach unten fortschreitend, das Mycel von Trametes Pinis eine Zerstörungen angerichtet hatte (Taf. V Fig. 7), während das Mycel von Polyporus mollis von unten nach oben sich verbreitete. An dem rothbraunen, noch keine Risse zeigenden zersetzten Holze (Fig. 1) entstehen in feuchter Luft an beliebigen Punkten die Fruchtträger des Parasiten als rothbraune Polster verschiedener Grösse und Gestalt (Fig. 1 a b, Fig. 3). Oftmals fliessen mehrere kleine Polster nachträglich zu einem grösseren zusammen und hängt es ganz und gar von den äusseren Verhältnissen ab, welche Form die Fruchtträger in der Folge annehmen. Sehr oft bilden dieselben eine Kruste von geringer Erhebung über die Basis (Fig. 1 c, Fig. 4, 5, 6). In anderen Fällen (Fig. 3) erhebt sich auf dem Polster an einem Punkte ein kräftig sich entwickelnder Fruchtträger von bedeutenden Dimensionen (Fig. 7), der entweder als ächte Console oder als schirmförmiger Fruchtträger mit mehr oder weniger centralem Stiele (Fig. 7) sich entwickelt. Während der Entwickelung treten hier und da grosse Tropfen einer völlig klaren, farblosen Flüssigkeit (Fig. 3) auf dem Polster auf, die unter sich die normale Entwicklung des Fruchtträgers stören und zumal dann, wenn sich der Hut in der Mitte etwas vertieft (Fig. 7), zur Entstehung trichterförmiger Räume Veranlassung geben. Welcher Beschaffenheit diese Flüssigkeit ist, habe ich nicht weiter untersucht.

Was den inneren Bau der Fruchtträger betrifft, so besteht die Substanz derselben aus der Hauptsache nach parallel laufenden, sehr zarten, reich septirten, mit Plasma erfüllten Hyphen, die von bräunlichrother Färbung sind. Aus dem Inneren verlaufen dieselben bogenförmig nach Aussen und enden in der rauhen zottighaarigen Oberfläche, andererseits verlaufen sie bogenförmig in die Trama zwischen die von dem Hymenium bekleideten Kanäle (Fig. 7). Die Entstehung der Porenkanäle tritt dadurch sehr deutlich hervor, dass dieselben durch gelblich-grüne Farbe von der braunrothen Substanz der Unterlage scharf sich unterscheiden. Fig. 4 giebt einen Theil von der untersten Ecke des Fig. 5 in natürlicher Grösse dargestellten Fruchtträgers in vergrössertem Massstabe. Auf dem rothbraunen Polster sieht man ganz regellos zerstreut kleine, gelbgrüne Höcker von runder oder länglicher Grundfläche hervortreten. Die benachbarten Höcker vereinigen sich hier und da zu Hügelreihen, gewissermassen Höhenzüge und isolirte Bergkegel darstellend. Die Hügelketten erheben sich immer mehr von der Grundfläche (Fig. 4 links) und entsteht so ein völlig regelloses System von runden oder länglichen oder gewundenen Kanälen zwischen den in lothrechter Richtung abwärts wachsenden Wandungen. Letztere zeigen auch in der Folge ihre Entstehung aus zahlreichen einzelnen Höckern dadurch, dass ihre Mündung unregelmässig zerschlitzt ist. Selbst die grösseren Zotten, welche die Mündung eines Kanales umgeben, zerfallen wiederum in zahlreiche kleine Zotten (Fig. 8 a). Im jugendlichen Zustande sind die Hyphen der Trama vorwiegend gelblich-grün gefärbt. Nur eine geringe

Zahl derselben zeigt von Anfang an einen rothbraunen Saft. Sie sind sämmtlich äusserst zarthäutig, verästeln sich hier und da und zwar durch gabelförmige Theilung an der Spitze (Fig. 9 c) und zeigen eine ziemlich häufige Septirung im Inneren. Nach aussen, d. h. in der Wandung des Kanales, verästeln sich die Hyphen sehr reichlich gabelförmig und entstehen dadurch die meist zu zwei vereinigten, rechtwinklig zur Oberfläche stehenden Basidien (Fig. 8 c, 9 f, 10). Die keulenförmig an der Spitze angeschwollene Basidie reicht bis zu der Gabelungsstelle, da eine Septirung erst hier die Basidie von der sie tragenden Hyphe der Trama abtrennt. Die farblosen, etwas länglichen runden Sporen und die Sterigmen zeigen nichts Charakteristisches.

Die Haarbildungen der Hymenialschicht sind mannigfacher Art. Meist sind es einfache, nur gegen die Spitze etwas keulenförmig verdickte, die Hymenialschicht überragende Hyphen (Fig. 10 a), ausgezeichnet durch den auch in der Trama sie noch erkennbar machenden dunkelbraunen Inhalt.

Bei vielen derselben sieht man eine reichliche Aussonderung des flüssigen Zelleninhaltes die Haarspitze umhüllen (Fig. 10 b. b); doch scheint auch da, wo ein solcher Austritt des Inhaltes nicht erkennbar ist, eine klebrige Aussonderung vorhanden zu sein, da nur eine solche die Erscheinung erklärt, dass fast an den Spitzen aller Haare die Sporen in grosser Menge anhaften. Eine besondere Art von Haarbildung ist die auch in Fig. 11 aus der sterilen Oberfläche des Hutes dargestellte Kugelbildung. Selten über die Hymenialschicht hinaustretend (Fig. 10 c), meist in derselben verborgen, treten diese von dunkelrothbrauner Flüssigkeit erfüllten Kugeln ziemlich zahlreich auf.

Die Länge der Kanäle des sehr vergänglichen, nur wenige Monate lebenden Fruchtträgers beträgt bis 0,5 cm, vermindert sich sowohl nach dem Hutrande als auch nach der Hutbasis bis zum völligen Verschwinden. Die rauhhaarige sterile Oberseite besteht aus collabirten Hyphenbüscheln, deren Endigungen (Fig. 11) theils einfach abgerundet, theils kugelförmig angeschwollen sind. Die Septirung beginnt meist etwas von der Spitze entfernt. Ein Theil der Hyphen ist mit dunkelrothbrauner Flüssigkeit erfüllt, die nach dem Vertrocknen hier und da Leerräume im Inneren entstehen lässt (b), andere sind nur hellbraun gefärbt.

Die Färbung des Fruchtträgers hat eine grosse Aehnlichkeit mit dem im vollen Wachsthum stehenden Fruchtträger der Trametes Pini, d. h. auf rothbraunem Grunde besitzen die jugendlichsten Schichten, zumal die jüngsten Spitzen der Kanalwandungen eine gelbgrüne Färbung. Die geringste Berührung färbt dieselbe sofort purpurroth bis braunroth, weil dann die weichen zarten, mit jener rothbraunen Flüssigkeit erfüllten Hyphen zerbrechen und ihren Inhalt frei nach aussen zwischen die übrigen Hyphen ergiessen. Im trocknen Zustande ist der ganze Fruchtträger tief rothbraun gefärbt.

Das Mycelium des Parasiten, wie solches ausserhalb der Organe des Holzes in den Spaltenräumen als weisse Kruste auftritt, zeigt, wenn man den anhaftenden Harzüberzug (Fig. 14 a) durch Terpentin abgewaschen hat (Fig. 14 b), ungemein verschiedenartige Dicke der Hyphen. Einzelne derselben haben bis 6 Mik. Durchmesser, besitzen oftmals einen röthlichen Inhalt und gleichen denjenigen Hyphen, die als Hauptbestandtheil des Fruchtträgers (Fig. 11 c) dargestellt sind. Alle Dickeabstufungen bis zur nicht mehr messbaren äussersten Zartheit der reich verästelten Fäden treten neben einander auf. Im Inneren des Holzes (Fig. 12, 13) trifft man neben einander dieselben Verschiedenheiten in der Dicke der Mycelfäden an. Einzelne sehr dicke Hyphen (Fig. 12 l, m) durchziehen in horizontaler oder vertikaler Richtung das Holz. Wo sie die Wandungen durchbohren, verdünnen sie sich oft auffällig, zumal in der Mitte der Doppelwandung auf der Grenze zwischen zwei Zellen. Die Wandung der sehr dicken Hyphen (l) erscheint gallertartig, das innere Lumen auf einen sehr zarten Kanal beschränkt. Die meisten Hyphen sind von Anfang an sehr fein und durchwachsen die Wandungen nicht nur in horizontaler Richtung geraden Weges, sondern auch innerhalb der dickeren Wandungen, sich oft nach oben oder unten wendend, oder seitlich gekrümmt (i), ja mitunter auf kurze Strecken in lothrechter Richtung (k) in der Wandung verlaufend. Je weiter die Zersetzung vorschreitet, um so sparsamer trifft man im Holze selbst Mycelium an.

Die Zersetzung des Holzes hat grosse Aehnlichkeit mit dem bei Pol. vaporarius dargestellten Processe. Das rothbraune, noch nicht zerreibliche, keine Sprünge zeigende, Fig. 1 dargestellte Zersetzungsstadium ist Fig. 12 stark vergrössert gezeichnet. Die Durchbohrung der Wandungen, Bräunung der Wandsubstanz und grössere Löslichkeit für Ammoniak oder Kalilauge sind die bemerkbaren Veränderungen.

Hier und da bemerkt man wohl schon von den Bohrlöchern aus die ersten Anfänge der später so auffälligen Spaltungen in der Wand auftreten. Untersucht man ferner das rissige, sehr zersetzte Holz (Fig. 13), so tritt eine höchst interessante Veränderung auffällig in die Augen. In den dickwandigen Herbstholzfasern hat die Zersetzung ein Schwinden der Substanz veranlasst, welches zahllose, von rechts nach links aufsteigende Spalten der Wandung bis auf die äussere zarte Wandschicht hervorgerufen hat (Fig. 13 a—d). Zunächst entstehen diese Spaltungen da, wo ein Pilzfaden in früheren Zersetzungsstadien die Wand durchbohrt hat. Man sieht die ursprüngliche Grösse des Bohrloches noch unverändert (Fig. 13 o), da ja die äusserste zarte Wandschicht an der Spaltung keinen Theil hat. Sieht man in das Innere der aufgeschnittenen Tracheide hinein, dann verläuft der Spalt von rechts nach links aufsteigend. Meist gleichzeitig, wenn auch weniger deutlich, weil etwas tiefer liegend, erkennt man den durch dasselbe Bohrloch veranlassten Spalt der Nachbarwand, der, da er ebenfalls von rechts nach links windend verläuft, sich für das Auge des Beschauers mit dem Spalt der Nachbarwandung kreuzt. Auch die Tipfel veranlassen die Entstehung solcher sich kreuzender Spaltungen (Fig. 13 q, r). Da die innere Auskleidungsschicht des Linsenraumes sich an der durch Volumverminderung erzeugten Spaltung nicht betheiligt, so erkennt man in der Regel beide concentrische Kreise des normalen Tipfels auch an solchen Tipfeln noch ganz deutlich. Zuweilen allerdings scheint durch das gewaltsame Auseinanderreissen der Wandung bei der Entstehung der Spalten auch die innerste Tipfelauskleidung zerstört zu werden und fehlt alsdann der innerste kleine Kreis (Fig. 13 r). Es entstehen aber auch viele Spalten, ohne dass Bohrlöcher oder Tipfel gewissermassen den Ausgangspunkt für sie bildeten (p). Stets machen, im Gegensatz zu der Zersetzungsform bei Pol. vaporarius, die Spalten in spiraliger Richtung aufsteigend nahezu eine halbe Umdrehung um die Mittelaxe der Tracheide.

Im dünnwandigen Frühjahrsholze (Fig. 13 e, f) treten zwar auch diese Spalten auf, jedoch in weit geringerem Masse, zuweilen selbst ähnlich wie bei Pol. vaporarius. Die Schliesshaut des Tipfels fällt zuweilen ganz heraus, zuweilen sieht man sie noch am Oeffnungsrande an einem Punkt befestigt (t). Man erkennt dann oft deutlich, dass die Mitte stärker verdickt ist, als der dünne Rand.

Behandelt man solche Präparate mit Kalilauge, dann lösen sie sich sofort fast vollständig zu einer braunen Flüssigkeit auf.

In Ammoniak, in welchem gesundes Kiefernholz 14,8 % lösliche Bestandtheile giebt, lösen sich von diesem Holze 42 % auf. Die chemische Analyse des Holzes ergab im Vergleich zum gesunden Kiefernholze folgende Resultate nach Dr. Daube.

Gesundes Kiefernholz zeigte:

51,48 % C. 6,11 % H. 42,09 % O + N. 0,32 Asche,

also aschenfrei:

51,65 % C. 6,13 % H. 42,22 O + N.

Durch Pol. mollis zerstörtes Kiefernholz in dem Fig. 2 dargestellten Zustande ergab nach demselben:

60,75 % C. 5,65 % H. 32,82 % O + N. 0,78 % Asche,

mithin aschenfrei

61,23 % C. 5,69 % H. 33,08 % O + N.

Das Verhältniss von Kohlenstoff zu Sauerstoff, welches im gesunden Holze sich verhält wie 100 : 81,74, ist im zersetzten Holze wie 100 : 54,02.

Wir haben es hier also in der That mit einem halb und halb verkohlten Zustande zu thun, aus dem sich auch die der Meilerkohle so ähnlichen physikalischen Eigenschaften erklären, wie andererseits die Thatsache, dass derartiges Holz der weiteren Zersetzung grossen Widerstand entgegensetzt und nur der vollen Einwirkung der Luft und Durchfeuchtung ausgesetzt weiterer Zersetzung anheimfällt.

ERKLÄRUNG DER ABBILDUNGEN.

Tafel IX.

Fig. 1. Ein Stück Kiefernholz von Polyporus mollis bereits stark angegriffen. Auf der Tangentalfläche befinden sich drei Fruchtträger *a*, *b*, *c* in verschiedenen Entwicklungsstadien. Vergr. $^1/_1$.

Fig. 2. Ein Stück Kiefernholz von Polyporus mollis angegriffen, in noch weiter vorgeschrittener Zersetzung. Bei *a* nur durch Polyporus mollis, bei *b* zugleich von Trametes Pini zersetzt. Die Wandungen der Risse *c* zeigen feinen kreideartigen Mycelüberzug. Vergr. $^1/_1$.

Fig. 3. Jugendlicher Fruchtträger in seitlicher Ansicht. Auf dem Polster erhebt sich rechts ein Höcker, der zum Fruchtträger mit centralem oder seitlichem Stiele heranwächst. Ein Tropfen klarer Flüssigkeit ist auf dem Polster ausgeschieden.

Fig. 4. Entstehung der Kanäle auf der Oberfläche des jugendlichen Fruchtträgers. Auf braunem Grunde erheben sich ohne erkennbare Gesetzmässigkeit runde Hügel und Hügelreihen, die, nachträglich unter einander verwachsend, die Röhrenwandungen bilden. Die Mündung der Kanäle ist mehr oder weniger zottig (links unten).

Fig. 5. Jüngere Fruchtträger ohne Hutbildung.

Fig. 6. Dergleichen an verticaler Fläche gebildet.

Fig. 7. Ausgebildeter Fruchtträger mit halb lateralem halb centralem Stiel, durchschnitten, so dass die faserige Beschaffenheit der Hutsubstanz und die Länge und Breite der Kanäle erkannt werden kann. Vergr. $^1/_1$.

Fig. 8. Eine Zotte von der Kanalmündung eines jungen Fruchtträgers. Die meist grüngelben, theilweise rothbraunen Hyphen sind an der Spitze (*a*) zu mehreren kleinen Zotten vereint. Die äusseren Hyphen theilen sich gabelförmig. Die Gabeläste schwellen an der Spitze keulenförmig an (*b*) und werden zu den Basidien *c*. Vergr. $^{140}/_1$.

Fig. 9. Einzelne Hyphen aus Fig. 8, stärker vergrössert. Vergr. $^{360}/_1$.

Fig. 10. Längsschnitt durch eine Röhrenwandung. Die Trama, aus parallel laufenden Hyphen bestehend, entsendet bogenförmig nach aussen die dicht geschlossenen Basidien der Hymenialschicht, sowie zahlreiche, an der Spitze schwach verdickte Haare *a*, die eine Substanz absondern, welche das Anhaften zahlreicher Sporen veranlasst, oftmals in grösserer Menge gallertartig (*b*) die Haarspitze umhüllt. Mit braunrother Flüssigkeit erfüllte kugelförmige Blasen *c* treten über die Hymenialschicht in der Regel nicht hervor. Vergr. $^{60}/_1$.

Fig. 11. Hyphen aus der Hutsubstanz *c* und der sterilen Oberseite des Hutes *a. b. d. e.* Vergr. $^{360}/_1$.

Fig. 12. Einige Tracheiden aus dem Fig. 1 dargestellten Zersetzungsstadium, 360mal vergrössert. *a. b. c* Herbstholzfasern mit dicker Wandung und engem Lumen. *d. e. f* Frühjahrsfasern; *g. h* zwei Markstrahlreihen aus dem oberen Theile eines Markstrahls. Das Mycel besteht vorwiegend aus feinen Hyphen, die nach den verschiedensten Richtungen hin die Wandung durchbohren (*i*), zuweilen sogar in lothrechter Richtung die gemeinsame äusserste Wandschicht der Nachbarwandungen durchziehen (*k*). Einzelne Hyphen *l* erhalten im Lumen der Zelle eine gallertartige Wandverdickung, während andere dickwandige Hyphen *m* in derselben Dicke die Wand durchbohren, die sie ausserhalb derselben haben. Im Herbstholze sieht man die Schliesshaut der Tipfel sehr oft (*n*) fast in der Mitte des Linsenraumes stehen. Im Frühlingsholze dagegen ist sie der einen Tipfelöffnung anliegend (*o*) und oft scheibenförmig verdickt. Vergr. 360.

Fig. 13. Tracheiden aus dem Fig. 2 dargestellten Zersetzungsstadium. Das Herbstholz *a—d* zeigt zahllose von rechts nach links aufsteigende, meist eine halbe Umdrehung um die Mittelaxe der Tracheide vollziehende Spalten, die zunächst ihren Anfang nehmen an den Bohrlöchern der Pilzhyphen (*o*), oder an den Tipfeln (*q*), oder ohne solche schon vorhandenen Wanddurchbrechungen entstehen (*p*). Den Spalten, die wie Bohrlöcher im Tipfel verlaufen, entsprechen in der Wandung der Nachbarzelle ähnlichen Spalten, die von der Mitte jener Zelle aus gesehen, ebenfalls von rechts nach links steigen, mithin mit den Spalten der Nachbarwand sich kreuzen. Im Frühlingsholze *e. f* sind die Spalten kleiner und sparsamer. Die Tipfelwandungen zeigen zwei (*u*) oder mehrere (*s*) Risse. Die verdickte Schliesshaut löst sich oft vom Tipfelrande ab, wahrscheinlich in Folge der Contraction der Substanz und haftet vermittelst des dünnen Randes noch an dem Tipfelrand an (*t*).

Fig. 14. Mycel aus dem Spaltenraume Fig. 2 *c*, bei *a* mit den anhaftenden Harzpartikeln, bei *b* nach Abwaschung derselben vermittelst Terpentinöl.

Fig. 15. Erstarrte Terpentintropfen von den Wandungen eines Spaltenraumes, durch die Erweiterung des Risses im trocknen Zimmer fadenförmig ausgezogen.

POLYPORUS BOREALIS FR.

Tafel X.

Die durch Pol. borealis erzeugte Zersetzungsform habe ich nur an der Fichte, Picea excelsa, zu beobachten Gelegenheit gehabt, doch soll nach Rabenhorst dieser Pilz auch an der Tanne vorkommen. Ich habe denselben mehrfach im Harzburger Oberforst am Harze an stehenden Bäumen, wie auch an Stöcken gefällter Fichten aufgefunden. Ferner ist er mir wiederholt aus Schlesien und zwar aus dem Riesengebirge zugesandt worden.

Der Zersetzungsprocess ist ein höchst interessanter; derselbe verbreitet sich, wie es scheint, nur von oberirdischen Wundflächen aus über einen grossen Theil des Bauminneren. Auf der Grenze des kranken zum gesunden Holze sieht man eine schmale, dunkler gelbbraun gefärbte Linie (Taf. X Fig. 1 b) als erstes Zersetzungsstadium des zuvor meist etwas röthlich gefärbten gesunden Holzes (Fig. 1 a). An Stelle dieser dunkleren Partie tritt demnächst eine hell bräunlich-gelbe Färbung (Fig. 1 c), und unfern der Grenze treten zahlreiche sehr kleine schwarze Fleckchen auf dem gelben Grunde auf (Fig. 1 d), die alsbald wieder verschwinden. Gleichzeitig mit diesen Fleckchen sieht man zunächst im Frühjahrsholze jedes Jahrringes in nahezu gleichen Abständen von ca. $1-1^1/_2$ mm übereinander horizontal verlaufende, von weissem Mycel erfüllte schmale Unterbrechungen des Holzkörpers entstehen, wodurch dieser eine entfernte Aehnlichkeit mit manchen Formen des Schriftgranites erhält (Fig. 1 e, 2). Auf der Tangentalfläche verlaufen diese Unterbrechungen des Holzkörpers in gleicher Horizontale ununterbrochen oft 3—5 cm weit. Hier und da setzen sie ab, um bald darauf in der Regel in derselben Horizontale sich fortzusetzen (Fig. 1 und 2 Seitenansicht). Die Lücken vergrössern sich allmälig bis zur Aussengrenze des Jahrringes, stossen daselbst aber nicht oder doch nur zufällig auf die Lücken des benachbarten Ringes, vielmehr bilden sich dieselben ganz unabhängig in verschiedener Höhe in jedem Holzmantel für sich. Zerbricht man derartiges Holz, was bei höheren Zersetzungsstadien sehr leicht geschehen kann, so erfolgt der Bruch in drei bestimmten, nahezu rechtwinklig zu einander stehenden Flächen, und zwar am leichtesten in den Horizontalflächen, welche durch die besprochenen Lücken gebildet werden, sodann in der Wölb- (Tangental-)fläche, in der sich leicht die einzelnen Jahresschichten von einander trennen, weil die Zersetzung im ersten Frühjahrsholze von den horizontalen Lücken aus nach oben und unten sich erweitert. In der Radialansicht erweitern sich desshalb in jedem Jahresringe die Lücken an der Basis umgekehrt keilförmig (Fig. 2 a). Endlich ist es die Radialfläche, die an sich auch beim gesunden Holze die grösseste Spaltbarkeit besitzt. In der Regel zerbricht das Holz, wie Fig. 2 an der linken Vorderecke zeigt, in sofern unregelmässig, als oft würfelförmige oder doch rechtwinklige Stücke aus der Bruchfläche herausgelöst werden, resp. auf derselben sitzen bleiben. Liegt derartiges Holz nach der Fällung des Baumes einige Zeit in feuchter Luft, also bei Regenwetter im Schlage an der Erde oder aufgeklaftert, so wächst das Mycel aus den Fugen hervor (Fig. 2 b, b) und bildet auf

der Bruchfläche eine anfänglich rein weisse, später oft gelblich gefärbte und durch Collabiren der äusseren Hyphen mit gallertartigem Ueberzuge versehene, mehrere Millimeter dicke Haut (Fig. 2 c). Fruchtträger des Parasiten habe ich bisher nur an Stöcken schon gefällter Bäume aufgefunden. Dieselben zeigen im frischen Zustande eine schön weisse Farbe, welche auf der sterilen und rauhzelligen Oberseite schmutzig, oft fast grau erscheint. Trocknet der anfänglich sehr saftreiche Fruchtträger zusammen, so verändert sich die Farbe in ein schmutziges Gelbweiss. Ich fand die Fruchtträger im September im Harze, konnte die Untersuchung erst vornehmen, nachdem die Exemplare völlig ausgetrocknet waren.

Die Gestalt der Fruchtträger ist entweder rein consolenförmig oder hat eine Andeutung von seitlichem Stiel und wird dadurch spatelförmig (Fig. 7). Die Grösse vom Hutrande bis zur Basis erreichte an den mir zur Verfügung stehenden Exemplaren 5 cm bei einer Entwicklung des Hutes in die Breite von 6—7 cm. Die Dicke desselben excl. der Kanalschicht kann an der Basis bis 1 cm erreichen (b), vermindert sich aber gegen den scharfen Rand (d) zu gleichmässig.

Die unregelmässig geformte, oft bucklige sterile Oberseite a ist rauh und zottig behaart, schmutzig bis aschfarben, ohne die geringste Spur von concentrischen Furchen. Die Kanäle der Unterseite sind in der Mitte am längsten, bis 1 cm lang, verkürzen sich sowohl gegen die Basis, wie gegen den Hutrand gleichmässig, bis sie ganz allmälig verschwinden. Die Hutsubstanz besteht vorwiegend aus sehr dickwandigen, knorpligen, parallel laufenden Hyphen (Fig. 9), deren inneres Lumen bis auf einen sehr feinen Kanal verengert ist. Der plasmatische Inhalt derselben tritt nach Verletzungen in Form kleiner cylindrischer Würstchen hervor und zwar so reichlich und regelmässig, dass man annehmen darf, es quelle im Wasser des Objectträgers die Substanz der Hyphenwandung und übe einen Druck auf den Inhalt aus. Einzelne sehr zartwandige, plasmareiche, sich öfter verästelnde aber auch wenig septirte Hyphen von verschiedener Dicke sind zwischen den dickwandigen Hyphen vertheilt. Der fein gekörnelte plasmatische Inhalt war bei den von mir untersuchten, wieder aufgeweichten Fruchtträgern zum grössten Theil nach aussen getreten und bildete eine gallertartige, feinkörnige Substanz, die hier und da zwischen den Hyphen in grösserer Menge angehäuft war (Fig. 8 u. 9). Einzelne Schnallenzellen treten bei den dickwandigen und bei den zarthäutigen Hyphen auf. Drüsen von oxalsaurem Kalk sind hier und da gehäuft.

Die sterile Oberseite des Hutes wird durch eine Schicht von dünnwandigen Hyphen gebildet, deren Inhalt ausgetreten war und die sich zu Haarbüscheln gruppirt hatten, zahlreiche Verästelung und häufige Septirung zeigten, aber wegen der vielen auf der Oberfläche angesiedelten fremden Pilzformen ein genaueres Studium nicht ermöglichten.

Auf der Unterseite des Hutes biegen die Hyphen unter rechtem oder bei *b* selbst unter spitzem Winkel in die Trama ein, in welcher die zartwandigen plasmareichen, sich viel verästelnden Hyphen über den dickwandigen in der Zahl prävaliren (Fig. 8 a. b). Im trockenen Zustande schrumpft die Substanz der Trama zu einer dünnen, papierartigen Haut zusammen, und erweitert sich dadurch das innere Lumen der Kanäle, deren Weite etwas ungleich ist. Das Plasma der zartwandigen Hyphen, welches an getrockneten und wieder aufgeweichten Exemplaren zwischen die Fäden und in der Hymenialschicht als feine körnige, etwas gallertartige Substanz sich findet, erschwert den Einblick in den Bau der Fruchtträger, vor Allem des Baues der Hymenialschicht (Fig. 8 d). Ich habe verzichten müssen, den Bau der jedenfalls äusserst zarthäutigen Basidien festzustellen, während ich einzelne meist mit einem grossen Oeltropfen versehene farblose, dickwandige Sporen (Fig. 8 e) für die Sporen dieses Pilzes halte. Interessant ist der Bau der zahlreichen an Trametes Pini erinnernden Haarbildungen (Fig. 8 c). Sie entspringen als zarthäutige Hyphen aus dem Inneren der Trama, schwellen an der Spitze innerhalb der Hymenialschicht in Form von Lanzenspitzen an und verdicken ihre Wandung nur in der oberen Hälfte, d. h. an der Spitze über der am meisten bauchig erweiterten Mitte. Die untere Hälfte bleibt äusserst zarthäutig. Nach dem Verluste des Zelleninhaltes, beim Trocknen der Fruchtträger schrumpft der zarthäutige untere Theil des Haares zusammen, stülpt sich auch etwas nach innen ein und sieht man dann scheinbar nur eine dickwandige Hohlpyramide (Fig. 8 über d).

Das Mycelium, welches aus dem Holze in feuchter Luft hervorwächst und dasselbe als weisse Haut überzieht (Fig. 2 c), zeigt sich mikroskopisch aus sehr verschieden dicken nicht sehr dickwandigen Hyphen zusammengesetzt (Fig. 10), die vorwiegend in horizontaler Richtung verlaufen und sich unter einander verflechten.

Die Untersuchung des zersetzten Holzes zeigt, dass da, wo das Mycel in das gesunde Holz eindringt, die Hyphen in Folge reichlicher Nahrung in den Markstrahlen sich besonders üppig entwickeln (Fig. 3 a). Sie sind reich verästelt, sehr dick und gelb gefärbt, zeigen sehr oft auch in vielen Tracheiden ähnlich üppige Entwicklung (Fig. 4 b). In Folge dieser Gelbfärbung der Mycelfäden, zugleich aber auch durch den bräunlich gefärbten, in der Zersetzung begriffenen Zelleninhalt der Markstrahlen erscheint auf der Grenze des kranken und gesunden Holzes ein braungelber Streifen (Fig. 1 b).

Mit der Aufzehrung des Zelleninhaltes der Markstrahlen schwindet auch die Gelbfärbung des Mycels und die braungelbe Farbe des Holzes macht einer gelben Färbung Platz (Fig. 1 c). Nach kurzer Zeit fangen die Mycelfäden in denjenigen Tracheiden, in welche aus den Markstrahlen seitlich sich Markstrahlflüssigkeit ergossen hatte, in denen desshalb eine üppige Entwicklung des Mycels stattgefunden hat, an, sich tief dunkelbraun zu färben (Fig. 4 a), und dadurch erklärt sich das Hervortreten der zahlreichen kleinen schwarzen Fleckchen im Holze unweit der Grenze des gesunden Holzes (Fig. 1 d). Mit dem Absterben und der Resorption derselben verschwinden dieselben wieder. Eine Eigenthümlichkeit des Mycels in Bezug auf dessen Wachsthumsrichtung erklärt die interessante Zersetzungsart des Holzes, die Neigung nämlich, vorwiegend in horizontaler Richtung zu wachsen, die Wandungen zu durchbohren und aufzulösen (Fig. 4 t und Fig. 3). Das Mycel der Markstrahlen, allerdings unerklärlicherweise nur der in gewissen, fast gleichen horizontalen Abständen übereinander liegenden Markstrahlen derselben Horizontalschicht ist es, welches zunächst in dem lockeren Frühjahrsholze durch horizontale Verbreitung die Auflösung des Holzes herbeiführt (Fig. 3 a. d). Die so entstandene Lücke verbreitet sich von der Innengrenze jedes Jahrringes allmälig nach dem dickwandigeren Herbstholze zur Aussengrenze hin. Es ist mir bisher nicht geglückt, einen Grund im inneren Bau des Nadelholzes aufzufinden, welcher es erklärt, dass die Auflösung in dieser auffälligen Weise von Statten geht. Da bekanntlich die Tracheiden nur in radialer Richtung, nicht aber in peripherischer in gleicher Höhe nebeneinander liegen, so lässt sich auch zwischen der Tracheidenlänge und der fast constanten Länge der Abstände zwischen zwei Zersetzungsfugen kein Zusammenhang annehmen. Wesshalb ferner nur in den Markstrahlen gewisser Horizontalflächen das Mycel auflösend wirkt, in den Markstrahlen zwischen zwei übereinander liegenden Fugen dagegen diese Wirkung nicht ausübt, ist mir räthselhaft.

Die chemische Veränderung und Auflösung der Tracheidenwandungen ergiebt sich aus den Fig. 4, 5, 6. Das Mycel hat die Eigenthümlichkeit, fast immer innerhalb der Wandungen sehr dünn zu bleiben, so dass eine relativ dicke Hyphe nur ein zartes Bohrloch hinterlässt. Hier und da kommen aber auch grössere Bohrlöcher in den Wandungen vor (Fig. 4 c. d). In demselben Masse, wie die Zersetzung fortschreitet, wird das Mycel dünner und nimmt einen ganz anderen Charakter an, wie dies nicht allein Fig. 4 von a nach h zu ersehen ist, sondern auch in Fig 5 u. 6 bei stärkerer Vergrösserung ($\frac{6\,5\,0}{1}$) sich zu erkennen giebt. Von den dickeren Hyphen entspringen äusserst zarte, ähnlich sich verästelnd, wie die Zweige einer Baumkrone. Sie bilden eine wolleartige Ausfüllung der Organe und der durch Auflösung derselben entstehenden Fugen (Fig. 3 d. 4 h. 5 g. 6). Tritt an Holzstücken, die in feuchter Luft liegen, das Mycel über die Oberfläche hervor, so verändert sich dasselbe alsbald wieder zu sehr dicken Hyphen (Fig. 10) und bildet jene oft mehrere Millimeter dicke Haut, wie sie Fig. 2 c dargestellt ist. Bei der chemischen Veränderung und Auflösung der Tracheidenwandung ist zu unterscheiden zwischen der dickwandigen Herbstholz- und der dünnwandigen Frühjahrsschicht.

In den dickwandigen Breitfasern Fig. 5 erkennt man zunächst das Hervortreten einer Grenzlinie zwischen dem inneren und äusseren Theile der mittleren Wandungsschicht. Diese Trennung in zwei Lagen wird noch dadurch charakterisirt, dass die äussere Lage auf der den Markstrahlen zuliegenden Seite der Zelle, also auf den Radialwandungen weit dicker ist, wie auf den Tangentalwandungen, und dass die zunächst chemisch veränderte Schicht annähernd im ganzen Umfange gleich stark erscheint. Bei Behandlung mit Chlorzinkjod färbt sich nun zunächst die innere Lage violet, während die äussere Lage fast bis zur beendigten Auflösung der inneren gelb bleibt. Die innerste Grenzschicht der Wandung ist zuweilen deutlich, in der Regel aber nicht von der Mittelschicht zu unterscheiden. Nach der Umwandlung der inneren Lage in Cellulose löst sich dieselbe allmälig auf, indem sie immer mehr eine gallertähnliche Beschaffenheit annimmt und sich von der äusseren Lage völlig lostrennt (Fig. 5 d, e). Nach der Lostrennung wirkt der Mycel auch unmittelbar auf die äussere

Lage der Mittelschicht ein und verwandelt zunächst eine neue Schicht oder auch wohl sofort die ganze Lage bis zur äusseren Wandungsschicht in Cellulose (Fig. 5 e, f). Die zarte Aussenschicht der Wandung erhält sich als Holzsubstanz am längsten, wird erst unmittelbar vor der Auflösung zu Cellulose umgewandelt.

Das dünnwandige Frühjahrsholz (Fig. 6) lässt eine Trennung der Mittelschicht in zwei Lagen nicht erkennen. Es verwandelt sich zunächst nur die Wandung mit Ausschluss der äusseren Schicht in Cellulose, doch zeigt auch die Schliesshaut und innere Auskleidung der Hoftipfel sehr frühzeitig eine blaue Färbung unter Einwirkung von Chlorzinkjod (Fig. 6 b, c, d). Die oft deutlich verdickte Schliesshaut trennt sich nicht selten in ihrem Umfange los Fig. 6 f. Fig. 4 p, q, erhält sich etwas länger, als die innere Auskleidung der Hoftipfel, verdünnt sich von der Mitte aus fortschreitend nach aussen, so dass sie das Ansehen eines Ringes erhält.

Die der chemischen Veränderung folgende Auflösung der Wandung findet meist erst statt, nachdem zuvor sich die inneren Schichten von der äussersten Wandschicht abgelöst haben (Fig. 6). Ist dadurch die äussere Wandschicht isolirt, so verschwindet fast immer zunächst die Wandung des Hofraumes, welche nicht mit der Schliesshaut versehen ist (Fig. 6 e), während die völlig geschlossene Seite des Tipfels sich noch längere Zeit erhält. Ist die Schliesshaut verdickt, so erhält man in der Aufsicht das Bild Fig. 4 k. Ist dagegen die Schliesshaut überhaupt nicht verdickt gewesen, oder durch den Zersetzungsprocess so sehr verdünnt, dass sie sich nicht von der ebenfalls schon verdünnten Tipfelwandung unterscheidet (Fig. 6 g), dann sieht ein solcher Tipfel ebenso aus, wie wenn in der Wandung sich ein Loch von der Grösse des Tipfels befände. Bilder wie Fig. 4 zwischen *m* und *n* beweisen das Vorhandensein der zarten aber völlig geschlossenen Haut, während über *f* und *g* die Tipfelwände völlig aufgelöst sind (Fig. 6 h).

Die zarte Aussenwandschicht löst sich zunächst auch in der Mitte zwischen je zwei Intercellularräumen auf, so dass zuletzt (Fig. 4 h) nur noch drei- oder viereckige Leisten, gehalten von dem wolligen Pilzgewebe, vor der völligen Auflösung vorhanden sind. Es muss hierbei noch auf die interessante Thatsache aufmerksam gemacht werden, dass auch die Aussenschicht der Zellwandung vor der endlichen Auflösung eine spiralige Structur zu erkennen giebt (Fig. 4 s).

Ueber die forstliche Bedeutung des Parasiten und über gegen ihn zu ergreifende Massregeln bin ich noch nicht in der Lage, Näheres mitzutheilen. Im Allgemeinen scheint derselbe nicht häufig vorzukommen und nur die auffällige Art seiner Zersetzung verleiht demselben ein besonderes Interesse.

ERKLÄRUNG DER ABBILDUNGEN.

Tafel X.

Fig. 1. Ein Stück Fichtenholz, welches bei *a* noch gesund, im Uebrigen durch das Mycel von Polyporus borealis zersetzt ist. Ein brauner Streifen (*b*) bezeichnet das erste Zersetzungsstadium, in welchem die Mycelfäden eine gelbe Färbung besitzen und der Markstrahlinhalt in eine braune Flüssigkeit verwandelt ist, mit deren Aufzehrung die Pilzfäden ebenfalls farblos werden, wodurch das Holz die Farbe *c* erhält. Da, wo sich die Markstrahlflüssigkeit seitlich in Tracheiden ergossen und dadurch die Entstehung von üppigem Mycel veranlasst hat, entstehen bald darauf durch Braunfärbung der Mycelfäden schwarze Flecke *d*, die mit der Auflösung des Mycels wieder verschwinden. Es entstehen sodann in gleichen Abständen über einander zuerst im Frühjahrsholz jedes Jahrringes Fugen, die nach der Aussengrenze hin sich erweitern (*e*).

Fig. 2. Weiteres Zersetzungsstadium. Auf der vom Regen durchnässten, frei liegenden Oberfläche ist das Mycel aus den Fugen hervorgewachsen *b*, und zu einer weissen Haut *c* ausgebildet, die sich an der Ecke von der Unterlage getrennt hat.

Fig. 3. Ein Theil von Fig. 2 mit einer Fuge, vergrössert. Die Markstrahlen sind sehr reich an dicken Mycelfäden *a*, die mit Vorliebe in horizontaler Richtung die Wandungen durchwachsen. Das Herbstholz *b* zeigt sich weniger zersetzt und nur an Stelle der Tipfel Löcher, während das dünnwandige Frühlingsholz *c* von dem Markstrahl *a* aus in einer auch seitlich verbreiteten Schicht bis *d* völlig aufgelöst und mit feinem Mycel ausgefüllt ist.

Fig. 4. Entwicklungsstufen des Mycels und der Zellwandauflösung: *a* zeigt einen Theil einer mit Markstrahlflüssigkeit erfüllten Tracheide, in welcher das üppig entwickelte Mycel tiefbraun sich gefärbt hat, aus einem schwarzen Flecken (Fig. 1 *d*) entnommen. Ueber *b* ist eine Tracheide aus der Grenzschicht (Fig. 1 *b*) mit üppig entwickeltem Mycel, welches in *c* schon entfärbt ist. Mit der fortschreitenden Zersetzung treten an Stelle der dicken Hyphen immer dünnere *d*—*h*, der zu Cellulose umgewandelte innere Theil der Wandungen zeigt schwache spiralige Structur *d*. Der Auflösung derselben folgt dann die Auflösung der Aussenwandung *e*—*h*, von der die kantigen Leisten mit den Intercellularräumen im Inneren der Auflösung am längsten widerstehen. An den Tipfeln tritt die verdickte Scheibe der Schliesshaut deutlich hervor *i*, während in der Mitte derselben die Verdünnung durch Auflösung beginnt. Bei *k* zeigt der kleine concentrische Ring, dass die eine Wandung des Linsenraumes bereits fast ganz aufgelöst ist. Bei *l* ist die eine Wand schon ganz verschwunden, desshalb nur eine einfache Begrenzung des Linsenraumes vorhanden ist. Zwischen *m* und *n* eine Reihe von Tipfeln, an denen nur noch die mit der Schliesshaut, die keine Scheibenverdickung mehr zeigt, versehene Seite des Tipfelraumes vorhanden ist. Ein Riss, bei Anfertigung des Präparates entstanden, geht durch die Wand und Schliesshaut hindurch. Am Tipfel *o* ist auch die zweite Wand von der Mitte aus zur Hälfte aufgelöst. Bei *p* und *q* sind beide Wandungen verschwunden und nur die Scheiben der Schliesshaut liegen im Tipfelraume. Bei *r*. *r* ist der Tipfel völlig resorbirt. Die äusserste Grenzschicht jeder Wandung zeigt vor völliger Auflösung eine spiralige Structur *s*. Bei *t* ist ein Mycelfaden gezeichnet, welcher in horizontaler Richtung eine grosse Anzahl Tracheiden durchbohrt. Vergr. $^{360}/_{1}$.

Fig. 5. Zersetzung des dickwandigen Herbstholzes im Querschnitt mit Chlorzinkjod behandelt, cf. Text Seite 56. Vergr. 650.

Fig. 6. Zersetzung des dünnwandigen Frühlingsholzes im Querschnitt mit Chlorzinkjod behandelt, cf. Seite 57. Vergr. 650.

Fig. 7. Ein Fruchtträger von Polyporus borealis. *a*. Die zottige sterile Oberseite. Die Substanz desselben ist im Durchschnitt *b* faserig. Die Kanäle der Unterseite *c* verschieden lang, nach dem spitzen Rande *d* und der Basis *e* kürzer werdend. Vergr. 1.

Fig. 8. Ein Theil der Trama und Hymenialschicht vergrössert. Die Trama aus dickwandigen *a* und sehr zartwandigen, verästelten, plasmareichen Hyphen *b* bestehend. Von letzteren gehen die Haarbildungen *c* aus, die in Form von Lanzenspitzen über die Hymenialschicht etwas hervorsehen. Nur die obere Hälfte der Spitze ist stark verdickt. Die Basidien *d* konnten an dem getrockneten Exemplare nicht mehr genau erkannt werden. *e* die Sporen. Vergr. $^{360}/_{1}$.

Fig. 9. Hyphen aus der Hutsubstanz, vorwiegend sehr dickwandig und sehr wenig verästelt (*a*) mit einigen verästelten, zarthäutigen Hyphen *b* vermengt. Das Plasma ist aus beiden Arten der Hyphen zum Theil da herausgetreten, wo sie zerrissen sind. Vergr. $^{360}/_{1}$.

Fig. 10. Die Hyphen der Mycelhaut, vorwiegend horizontal streichend. Vergr. $^{360}/_{1}$.

AGARICUS MELLEUS L.

Tafel XI Fig. 1—5.

Unter Hinweis auf die Bearbeitung dieses Pilzes in meinen „Wichtigen Krankheiten der Waldbäume“ Seite 12—42 und auf die interessanten weiteren Entwicklungsstudien von O. Brefeld, dem es nicht allein gelungen ist, den von mir geführten Beweis des Parasitismus zu bestätigen, sondern auch aus den Sporen des Agaricus melleus die Mycelformen wieder zu erziehen, welche unter dem Namen Rhizomorpha fragilis R. bekannt sind (eine Cultur, die mir ebenfalls seitdem geglückt ist), will ich hier einen weiteren Beitrag zu der interessanten Biographie dieses Parasiten geben. Ich muss selbstredend das bereits Bekannte mit Stillschweigen übergehen, erwähne nur, dass in dem hiesigen botanischen Garten in den letzten Jahren der Parasit sich auf dem Cupressineenquartiere angesiedelt hat und jedes Jahr ein Opfer fordert, zunächst mehrere Varietäten von Chamaecyparis sphaeroidea und dann im letzten Herbste eine Chamaecyparis obtusa getödtet hat. Nachfolgend will ich den Zersetzungsprocess des Holzes der Nadelholzbäume beschreiben, welcher eintritt an den Wurzeln und am unteren Stammende derselben vor und nach deren Tode. Ich habe den Zersetzungsprocess an älteren Fichten und Kiefern beobachtet, an denen die Rhizomorpha subcorticalis im Bastgewebe auf 2—3 m Höhe emporgestiegen war. Es wurde von mir früher nachgewiesen und Taf. I Fig. 14, 15, 16, 24 und 25 a. a. O. gezeigt, dass die Randhyphen der Rhizomorpha subcorticalis aus dem Bastgewebe durch Vermittelung insbesondere der Markstrahlen, aber auch direct durch Eindringen in die Wandungen der Tracheiden in den Holzkörper gelangen, in den Harzkanälen sich schnell verbreiten, das benachbarte Holzparenchym zerstören und das sogenannte Harzsticken herbeiführen. Die weitere Entwicklung des Mycels im Inneren des Holzkörpers habe ich früher nicht beobachtet und will ich nachfolgend beschreiben, dass und in welcher Weise dieses fädige Mycel des Agaricus die Zersetzung des Holzes der Bäume zur Folge hat. Bei der Wund- und Wurzelfäule werde ich in der Folge zeigen, dass der Pilz auch als Saprophyt eine hervorragende Bedeutung bei der Zersetzung des Holzes abgestorbener Bäume oder Baumtheile besitzt. Hier beschreibe ich zunächst die Einwirkung des Pilzes auf das Holz noch lebender oder soeben von dem Parasiten getödteter Bäume.

Das Mycelium des Agaricus melleus wächst bekanntlich im lebenden, saftigen Baste der befallenen Bäume von den Wurzeln und vom Wurzelstock in Form der Rhizomorpha subcorticalis aufwärts, so lange bis das inzwischen durch den Tod der Wurzeln herbeigeführte Dürrwerden des Baumes auch das Vertrocknen des Bastes nach sich zieht. An jungen Pflanzen gelangt jene Form der Rhizomorpha nicht weit über den Wurzelstock empor, an älteren Bäumen, und zwar sowohl an Fichten, wie an Kiefern habe ich die weissen Pilzhäute bis zu einer Höhe von 2 und 3 m aufgefunden. An der oberen Grenze jener Rhizomorphenhäute entspringen dann, wenn durch das Vertrocknen der saftigen Basthaut bei der Kiefer zwischen Holz und Rinde ein Raum entstanden ist, zahlreiche runde oder plattgedrückte, sich oft verästelnde schwarz-

braune Stränge, diejenige Form repräsentirend, die als Rhizomorpha subterranea in der Regel nur äusserlich an den Wurzeln des Baumes und in der Erde sich entwickelt (Fig. 2 und 1 f), und wachsen, der Oberfläche des Holzes innig sich anschmiegend und mit ihr verwachsend, noch weit am Baume empor, denselben mit einem regellosen weitmaschigen Netzwerk umspinnend.

Sowohl von jenen Mycelhäuten, als auch von den rundlichen Strängen (Taf. XI Fig. 2) aus, dringen zahlreiche Mycelfäden, den äusseren Hyphen der Rhizomorphenrinde entspringend, unmittelbar in die Tracheidenwandungen, vorzüglich aber durch die Markstrahlen (Fig. 3 q, r) in das Innere des Holzes ein und veranlassen die Zersetzung desselben, nachdem sie zunächst, wie schon erwähnt wurde, Harzausfluss herbeigeführt haben. Da, wo ein Strang dem Holze aufliegt, färbt sich dasselbe in der Oberfläche braun, die braune Färbung rückt als schmale Zone immer tiefer in das Innere des Holzes vor und bildet im Querschnitt des Holzes ein Dreieck, dessen Basis in der Oberfläche liegt, dessen Spitze am weitesten in das Holz eingedrungen ist (Fig. 2 c). Wo Rhizomorphenhäute die ganze Oberfläche des Holzes bedecken, dringt der schmale braune Streifen gleichmässig in das Innere des Holzes vor (Fig. 1 c). Nicht selten sieht man aber die braunen Streifen in unregelmässigen Zickzacklinien das Holz nach verschiedenen Richtungen durchziehen. Oft geht dieser Linie eine hell bräunlich-rothe Färbung um mehrere Centimeter vorauf (Fig. 1 d), oder es fehlt die braune Linie auch wohl ganz. Dasjenige Holz, welches zwischen der braunen Linie und der Oberfläche des Stammtheils liegt, besitzt eine schmutzig gelbe Farbe und ist sehr locker, mürbe und weichfaserig (Fig. 1 b).

Es vermittelt das Mycel die Zersetzung des Holzes der Fichte in der Fig. 3 dargestellten Entwicklungsfolge.

Das in den Markstrahlzellen vordringende Mycel (r. q) verbreitet sich von diesen aus seitlich in die angrenzenden Tracheiden. Wir sehen nur die inneren Markstrahlreihen, soweit sie Zellschlauch und Zellinhalt führen, mit Mycel erfüllt, während die obersten und untersten Reihen frei bleiben, sich zu dem Mycel nicht anders verhalten, wie die Tracheiden selbst (Fig. 3 p). Das einfach fädige, sich reichlich verästelnde Mycel ist sparsam septirt, hier und da eine Schnallenzelle zeigend und farblos (Fig. 3 a b). Zahlreiche, sehr zarte Seitenhyphen durchbohren die Wandungen und hinterlassen sehr feine Bohrlöcher. Da, wo eine Hyphe der Wandung unmittelbar anliegt, hat sie nicht selten die Auflösung der Zellwandsubstanz unter sich zur Folge (Fig. 3 s. s), sie frisst sich dadurch gewissermassen in die Wandsubstanz ein. Man sieht oft nach dem Verschwinden der Hyphe in der Wand noch den Verlauf derselben (Fig. 3 i. l). Nur sehr selten habe ich im Herbstholze der Fichte das Mycel in der Wandung selbst wandernd gesehen und darin lothrechte Kanäle erzeugend, wie dies bei der Kiefer sehr allgemein der Fall ist (Fig. 4 u. 5). Durch eine höchst sonderbare Mycelbildung entstehen die schmalen braunen Linien (Fig. 1 c 2 b, c). Die Mycelfäden bilden nämlich blasenförmige Anschwellungen, die zuweilen klein und isolirt bleiben und nur hier und da den Hofraum eines Tipfels ausfüllen (*d*), in der Regel aber das ganze Innere der Tracheiden als blasigschaumige Zellgewebsmasse einnehmen, ähnlich wie z. B. bei der Eiche viele Gefässe durch Thyllen ausgefüllt werden (*e*, *f*). In den meisten Fällen sind es in radialer Richtung 2—4, zuweilen mehr Tracheiden, die von solchen Füllzellen ausgestopft sind, deren Wandungen ziemlich dick zu sein pflegen. In einzelnen Fällen hat es mir geschienen, wie wenn anfänglich dieses Mycel farblos sei und erst nachträglich sich braun färbe, die Regel dürfte es aber nicht sein; dagegen schwindet mit dem Absterben des blasigen Mycels und mit dem Zusammenschrumpfen desselben die Färbung (*g*) und einfache dünne Hyphen treten an die Stelle. Auch in den Markstrahlzellen sieht man die Blasenbildung, wenn auch meist mehr vereinzelt auftreten (über *f*—*h*). Die Einwirkung dieses üppig entwickelten blasigen Mycels auf die Substanz der Zellwand scheint eine tief eingreifende zu sein, denn nach dem Verschwinden derselben zeigt das Holz nicht nur eine gelbliche Farbe und sehr lockere Beschaffenheit (Fig. 1 b), sondern auch unter Einwirkung von Chlorzinkjod eine deutliche Blaufärbung zunächst der inneren, bald aber der gesammten Wandungsschichten, die sich nun, vom inneren Lumen nach aussen fortschreitend, auflösen. In den Tracheiden *h*. *i*. *k* ist nicht nur die Aussenwand sondern auch noch ein Theil der inneren Wandung vorhanden, wenn auch schon verdünnt. Die Mycelfäden sind zarter und im Allgemeinen sparsam. Die Bohrlöcher sind nach dem Lumen der Zelle zu auffallend erweitert. Mit dem Verschwinden der Innenwand bei *l* treten dann die auffälligsten Veränderungen in dem Tipfelaussehen ein. Sobald nämlich eine Wandung des Hofraumes — und zwar ist es

fast immer die geöffnete — anfängt, sich von dem Rande der Tipfelöffnung aus aufzulösen, sieht man nicht mehr die beiden sich kreuzenden ovalen Tipfelöffnungen wie von *a—k*, sondern nur eine solche Oeffnung, während die erweiterte Oeffnung der in Auflösung begriffenen Seite als grösserer concentrischer Kreis mehr oder weniger entfernt von der äusseren Hofraumgrenze auftritt (t). Ist die eine Wandseite des Hofraumes ganz aufgelöst, so erhält man das Bild *u*.

Bevor die mit der Schliesshaut versehene Tipfelwand anfängt sich aufzulösen, sieht man fast immer eine im gesunden Zustande nicht deutlich erkennbare dünnere Grenzhaut zwischen dem inneren Tipfelrande und dem verdickten Theile der Schliesshaut hervortreten (*v. v*), und zwar besonders scharf dann, wenn bei Anfertigung des Präparates eine Zerreissung der zarten Tipfelwand eingetreten ist. Da die geschlossene Seite des Hofraumes der Auflösung keinen bestimmten Angriffspunkt bietet, was auf der offenen Seite der Rand der Wandöffnung thut, ein Umstand, der aller Wahrscheinlichkeit nach überhaupt den Grund bildet für die vorangehende Auflösung der offenen Seite, so sieht man meist concentrische Risse in der Wand entstehen (*w*), von denen aus dann alsbald die Auflösung weiterschreitet, so dass zunächst das Bild *x*, und zuletzt, nach völliger Auflösung beider Wandungen, das Bild *y* erscheint. Unmittelbar vor der Auflösung zeigt die äussere Zellwand in allen Theilen eine feine, spiralige Molekularstructur. Die Markstrahlzellen, und zwar zuerst die inneren, mit reichem Mycel erfüllt gewesenen Reihen, lösen sich etwas früher auf als die Tracheiden.

Eine Art der Pilzeinwirkung, wie ich sie bei keinem anderen Parasiten zu beobachten Gelegenheit gehabt habe, findet man in den sehr dickwandigen Herbstholzfasern des Kiefernholzes. Ich habe in Fig. 4 und 5 diese Wirksamkeit darzustellen gesucht. Sie charakterisirt sich dadurch, dass zarte Pilzfäden nicht nur die Wandungen in horizontaler Richtung nach allen Seiten durchziehen, sich innerhalb der Wandung verästeln und die Wachsthumsrichtung ändern, sondern dass zahlreiche feine Hyphen auch in lothrechter Richtung zum Theil auf längere, zum Theil auf kürzere Strecken im Innern der Wand verlaufen (Fig. 5) und diese dadurch im Querschnitt siebartig durchlöchert erscheint (Fig. 4). In dem engen Lumen der Herbstholztracheiden bildet sich ebenfalls jene sonderbare blasige Mycelform, jedoch wegen Mangels an Raum immer nur so, dass dadurch das Innere der Tracheiden septirt erscheint. Hier und da findet man einzelne kleine braune Blasen (Fig. 5 und 4 c), die an der Spitze äusserst zarter Hyphen durch Anschwellung entstanden sind, und leicht zu der irrigen Anschauung führen können, als seien es sporenartige Organe. Die langen lothrechten Kanäle im Innern der Wandungen sind an solchen Stellen ebenfalls mit braunen Hyphen angefüllt, wie Fig. 4 b im Durchschnitt zeigt.

Ich bezweifle, ob das Mycel des Agaricus melleus an oberirdischen Baumtheilen seinen Zerstörungsprocess von aussen nach innen tiefer als höchstens 10 cm fortsetzt, da das Trockenwerden des abgestorbenen Baumes früher oder später das Wachsthum des Mycels beeinträchtigen muss. Anders gestaltet sich dies an den Wurzeln und am Wurzelstocke, an welchen Holztheilen auf eine grössere Reihe von Jahren dem Mycel des Agaricus melleus sich die Nahrung darbietet zur üppigen Entwickelung der dann in Gestalt von Rhizomorpha subterranea im Boden sich verbreitenden Mycelstränge und zur Bildung von Fruchtträgern, die in der Nähe einer durch den Parasiten getödteten älteren Kiefer noch nach fünf Jahren aus dem Boden hervorkommen. Stock- und Wurzelrodung einerseits, andererseits Ziehung von Isolirgräben zur Verhütung der unterirdischen Infection gesunder Bäume sind die Massregeln, die aus dem Gesagten für die Praxis sich ergeben.

ERKLÄRUNG DER ABBILDUNGEN.

Tafel XI Fig. 1—5.

Fig. 1. Fichtenstammholz aus Brusthöhe eines durch Agaricus melleus getödteten Baumes. In der Rinde *a* befinden sich weisse Bänder von Rhizomorpha subcorticalis, die äusseren Holzschichten (*b*) sind bereits völlig mürbe; zwischen diesen und den röthlich gefärbten, noch festeren Schichten *d* findet sich eine schmale Scheidelinie *c*. Das Holz bei *e* ist noch gesund. Bei *f* habe ich ein Stück der Rhizomorpha subterranea gezeichnet, wie solche aus der Rinde von Fichtenwurzeln hervorwächst.

Fig. 2. Rhizomorpha subterranea auf dem Holze einer durch Agaricus melleus getödteten alten Kiefer aus 3 m Höhe. *a* Der Mycelstrang. *b* Die braun gefärbte Stelle des Holzes, auf welcher der losgetrennte Strang festgesessen hat, *c* auf der Hirnfläche zeigt sich die Bräunung auf 2 mm tief in den Stamm hinein.

Fig. 3. Zerstörung des Fichtenholzes durch das Mycel des Agaricus melleus in der Entwicklung von *a* bis *o* fortschreitend. In die Tracheiden *a* und *b* ist das kräftige, sparsam septirte Mycel aus den mittleren Markstrahlreihen hineingewachsen und durchbohrt die Wandungen, wobei innerhalb der Wand die Hyphen in der Regel sehr fein bleiben. Ueber *c* sieht man bei *s* die der Wand unmittelbar anliegenden Hyphen eine Auflösung derselben nach sich ziehen. In *d* sind die Hyphen braungefärbt und hier und da mit blasigen Seitenanschwellungen versehen. In *e* und *f* ist der ganze Innenraum ausgefüllt mit blasigem Mycel. In *g* ist dasselbe zum Theil abgestorben und zusammengeschrumpft. In *h. i. k* zeigen sich kräftige und zarte Mycelfäden, in *i* mehrfach die Spuren der Auflösung durch der Wand unmittelbar aufliegende Hyphen. Die Perforationen der Wände sind erweitert. Von *l* bis *o* die letzten Auflösungsstadien, die durch Chlorzinkjod blau gefärbt werden. Ueber die Zerstörung der Tipfel siehe Seite 61. Vergr. 360.

Fig. 4. u. 5. Dickwandige Herbstholzfasern der Kiefer, durch Mycelfäden des Agaricus melleus nicht nur in horizontaler Richtung durchbohrt, sondern auch mit langen und weiten Kanälen in lothrechter Richtung versehen, 4 im Querschnitt; 5 in radialem Längsschnitt. Vergr. 360.

DIE WUNDFÄULE.

Tafel XI Fig. 6—9.

Gegenüber den vorbesprochenen, durch parasitische Pilze erzeugten Zersetzungsprocessen, giebt es einen oder vielmehr eine Reihe einander ähnlicher Zersetzungsprocesse, bei denen die Pilze nur einen saprophytischen Charakter tragen, d. h. ein Absterben desjenigen Holztheiles, in welchen die Pilze hineinwachsen, bereits vorher stattgefunden haben muss. Die Veranlassung zu solchen, in der Natur ungemein verbreiteten Zersetzungsprocessen liegt entweder in äusseren Verwundungen oder in schädlichen Einflüssen des Bodens oder des Klima's.

Frost kann im Innern der Bäume das Absterben und die Zersetzung des Holzkörpers in der Nähe der Markröhre zur Folge haben. Bodenverschlechterung nach dem Abtriebe eines Bestandes erzeugt Gipfeldürre übergehaltener Eichen, wenn die in den ersten Jahren nach der Lichtstellung durch gesteigerte Bodenthätigkeit vermehrte Nahrungszufuhr am Stamme zahlreiche Wasserreiser erzeugt hat und diese mit der Verwilderung des Bodens durch Freilage und dadurch stark zurückgehende Nahrungszufuhr der Baumkrone den besten Theil der Nahrung vorweg entziehen, so dass die Baumkrone verhungern muss. Streurechen hat dieselbe Folge in jungen Buchenbeständen, indem sie nach Verschlechterung des Bodens gipfeldürr werden.

Wie ich im nächsten Artikel ausführlicher darthun werde, kann der Boden auch ein Verfaulen der in die Tiefe gehenden Wurzeln, die sog. Wurzelfäule zur Folge haben, wenn Verhältnisse eintreten, die den Wurzeln nicht mehr den zu den Processen des Stoffwechsels erforderlichen Sauerstoff in genügender Menge zuführen. Alle diejenigen Zersetzungsprocesse, die durch äussere Verwundungen des Stammes oder der Wurzeln herbeigeführt werden, ohne dass parasitische Pilze auf der Wunde keimten und schnelle Zersetzung des Bauminneren nach sich gezogen haben, wollen wir vorläufig unter dem Collectivnamen „Wundfäule" zusammenfassen und nachfolgend etwas näher betrachten.

Zunächst stelle ich eine Uebersicht der verschiedenen Verwundungsarten der Nadelhölzer zusammen, die ich Gelegenheit gehabt habe, näher zu beobachten resp. zu untersuchen.

1. Astwunden, entstanden durch natürliches Abfallen oder Abbrechen oder durch Abschneiden der trocken resp. faul gewordenen Aeste (Trockenästung).
2. Astwunden von grünen Nadelholzästen, zur Zeit der Vegetationsruhe entstanden (Grünästung zur Wadelzeit).
3. Astwunden von grünen Aesten, während der Vegetationsthätigkeit entstanden (Grünästung im Safte).
4. Gipfelbrüche.
5. Wunden, entstanden durch Entnahme eines Zwillingsstammes in der Durchforstung (Fichteneinzelpflanzung).
6. Schälwunden durch Rothwild.

7. Schalmwunden durch Holzrücken am Wurzelanlaufe
8. Baumschlag. Anprällen u. s. w.
9. Schalmwunden durch Harznutzung (Laachten).
10. Wurzelverwundungen durch Viehtritt auf Triften und Lagerplätzen, durch Wagenräder bei der Holzabfuhr, Holzschleifen beim Herausrücken der Stämme u. s. w.

Ich werde alle diese Verwundungsarten weiter unten in Bezug auf ihre Einwirkungen auf die Gesundheit des Holzes einzeln besprechen, schicke aber das Gemeinsame voran und schliesse dabei die Annahme, dass parasitische Pilze auf der Wundfläche gekeimt haben, aus.

Die nächste Ursache des Absterbens gewisser verwundeter Baumtheile liegt in der eintretenden Funktionslosigkeit derselben. Wenn z. B. ein Ast nicht dicht am Baum abgeschnitten wird, so muss der zurückgebliebene Stummel, soweit sein Bastkörper nicht mehr durch Bildungssaft, der ja im Bastkörper nicht nur abwärts, sondern auch seitwärts wandern kann, ernährt wird, absterben. Es hören nicht allein die Funktionen des Bastes auf und ein Zuwachs findet nicht mehr statt, auch die Saftleitung im Holzkörper nach oben hört auf, und wir sehen von der Schnittfläche aus den functionslos gewordenen Ast absterben, was erkennbar wird an dem Eintreten von Zersetzungserscheinungen, die weiter unten beschrieben sind. Wie ein Aststummel verhält sich auch die Basis des Zwillingsstammes, wenn in der Durchforstung eine Entnahme desselben stattfindet (Fig. 6), oder das Ende des Stammes eines durch Gipfelbruch beschädigten Baumes.

Ist durch eine sogen. Schalmwunde der Holzkörper des Baumes blossgelegt, dann vertrocknet zunächst in Folge übermässig gesteigerter Verdunstung die Wundfläche bis zu einer gewissen Tiefe, und werden hierdurch die Organe des Holzkörpers, soweit dieselben parenchymatischer Natur sind, getödtet. Es tritt hierbei eine molekulare Veränderung der organischen Substanz ein, die, wie beim Verwelken eines Blattes zwar nicht die spätere Wiederaufnahme von Wasser verhindert, wohl aber das Eintreten normaler Vegetationsprocesse. Ob auch die zellschlauchlosen leitenden Organe des Holzes durch ein vorübergehendes Vertrocknen eine molekulare Veränderung erleiden, die wir als Tod bezeichnen dürfen, will ich nicht behaupten und nicht bestreiten. Die Thatsache, dass eine frische, während der cambialen Thätigkeit entstandene Wundfläche sich völlig gesund erhält und die bekannte, mit dem Namen der „Bekleidung" belegte Reproductionserscheinung zeigt, wenn man künstlich durch „Fensterung", d. h. durch Glasverband, ein Vertrocknen derselben verhindert, beweist, dass weder die directe Einwirkung des Sauerstoffs auf das blossliegende Zellgewebe, noch etwa die Lichtwirkung es ist, welche den Tod desselben ohne Verband herbeiführt, sondern das Austrocknen in Folge starker Verdunstung. Sobald die Wundfläche und die darunter liegenden Organe eine Bräunung erkennen lassen, so ist dies immer ein Beweis bereits eingetretener Zersetzungsprocesse. Jede Wundfläche hat eine solche Bräunung, wenn auch oft nur bis zu geringer Tiefe zur Folge.

Der Tod eines bestimmten Holztheiles an lebenden Bäumen kann aber auch erfolgen durch Eindringen schädlicher Substanzen in das Innere des Baumes. Bei meinen Infectionsversuchen an Eichen war mir im Jahre 1874 ein Pressler'scher Zuwachsbohrer im Stamm abgebrochen. Ich liess diesen Stamm im Herbst 1877 fällen und es stellte sich heraus, dass sich von dem im Baume verbliebenen Stahlbohrer aus eine intensive Dintenfärbung etwa 10 cm nach oben, ebensoweit nach unten und etwa 5 cm über die Spitze des Bohrers in radialer Richtung nach innen verbreitet hatte, während seitlich eine Verbreitung über die Grenzen des Bohrers von nur etwa $^1/_2$ cm stattgefunden hatte. Soweit die Verbindung des Gerbstoffs mit dem Eisen sich verbreitet hatte, waren alle parenchymatischen Organe frei von Stärkemehl, was wohl als unzweifelhafter Beweis dafür angesehen werden darf, dass diese Organe als funktionslos, als todt zu betrachten sind. Die Verbreitung der dintenartigen Flüssigkeit war offenbar befördert durch die Markstrahlen nach innen, durch die Organe des Holzes nach oben und unten, während eine seitliche Verbreitung rechtwinklig auf die letzteren nur in sehr beschränktem Masse stattgefunden hatte. Zersetzungsprocesse, wie sie von offenen Bohrlöchern auszugehen pflegen, waren nicht bemerkbar, die Durchtränkung mit dieser Eisensalzlösung hatte offenbar deren Eintritt verhindert. Das Pflanzengift hatte zwar den Tod des Eichenholzes in der Nähe des Bohrloches herbeigeführt, aber zugleich die Vegetation saprophytischer Pilze verhindert, dem Holze als Conservirungsmittel gedient.

Der Tod des Holzgewebes kann nicht allein durch solche mineralische Pflanzengifte herbeigeführt werden, sondern auch durch Imprägnation mit organischen Zersetzungsproducten, die wir mit dem allgemeinen

Namen Humuslösung bezeichnen wollen. Treten solche flüssige Zersetzungsstoffe in Berührung mit lebendem Zellgewebe, so wird letzteres, falls nicht eine schützende Korkschicht dem Vordringen jener Zersetzungsstoffe eine Grenze setzt, allmälig von denselben imprägnirt und getödtet. Das Vordringen dieser tödtenden Humuslösung wird selbstredend in den leitenden Organen schneller stattfinden in der Längsrichtung des Baumes, als seitlich, zumal in tangentaler Richtung, es wird verhindert werden durch Ausfüllung der Organe und Imprägnation der Wandungen mit Terpentinöl resp. Harz. Bevor ich jedoch auf diese Weiterverbreitung der Wundfäule näher eingehe, muss ich die Entstehung jener Zersetzungsproducte und die Ursache der Zersetzung selbst näher besprechen.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass chemische Zersetzung organischer Substanzen auch ohne Mitwirkung von Pilzen eintreten kann. Jeder Verbrennungsprocess beweist dies, desgleichen aber auch die Erscheinungen, die nach dem Frosttode der Pflanzen eintreten. Hat strenger Winterfrost z. B. im December empfindlichere Coniferen getödtet, so bemerkt man dies oft erst Ende April oder Mai an der Bräunung resp. dem Vertrocknen der Nadeln. Es sind nicht diese, die getödtet wurden, sondern es ist der innere Holzkörper, der sich mit dem Eintritt wärmeren Wetters zu bräunen, d. h. Zersetzungserscheinungen zu zeigen beginnt. Es geschieht dies gleichmässig durch die ganze Pflanze. Ist es nur die Markröhre und das dieser zunächstliegende Markstrahlgewebe, welches vom Frost getödtet wurde, so bleibt die Pflanze lebend, zeigt nur längere Zeit kümmerlichen Wuchs (Nachwirkungen strenger Winter). Die von dem Zelleninhalt der parenchymatischen Zellen ausgehende Zersetzung theilt sich den angrenzenden Holzfasern u. s. w. mit, tödtet und färbt auch diese, ohne jedoch über die Grenze des getödteten Pflanzentheils hinaus sich zu verbreiten. Wir müssen in diesem Falle die mit dem Eintritt höherer Wärmewirkung erst hervortretende Zersetzung lediglich als einen chemischen Process betrachten, welcher unabhängig von der Gegenwart fremder Organismen eintritt, wenn getödtete, d. h. durch die Frosteinwirkung in ihrer molekularen Zusammensetzung veränderte und desshalb zur Fortführung normaler Vegetationsprocesse nicht mehr befähigte organische Substanzen der Einwirkung des Sauerstoffes unter gewissen Wärmegraden unterliegen. Die Einwirkung des Sauerstoffs auf die Moleküle der getödteten Substanz ruft nicht mehr jene Processe hervor, die wir unter einem gemeinsamen Ausdruck als Processe des Stoffwechsels zusammenfassen, sondern Processe der Zersetzung, die darin verschieden sind von ähnlichen Processen der trockenen Destillation, dass die sich verändernde Substanz gelöster Zelleninhalt ist. Ich habe noch keine genauere Untersuchung angestellt, wie sich der körnige Zelleninhalt und die feste Zellwandung zu diesem Processe verhält. In der Regel gelangen früher oder später auch saprophytische Pilze in das vom Frost getödtete Gewebe und lassen dann nicht mehr erkennen, wie viel von der Wirkung auf Rechnung der Pilze, wie viel der pilzfreien Zersetzung zuzuschreiben ist.

Wenn ich vorstehend auf die Erscheinungen des Frosttodes näher eingegangen bin, so geschah es nur, um gegen einen Irrthum mich auszusprechen, von dem ich früher selbst nicht frei war, den Irrthum, dass alle in der Natur vorkommenden Zersetzungserscheinungen organischer Stoffe, mit Ausschluss der eigentlichen Verbrennungs- und Verkohlungsprocesse, der Mitwirkung niederer Organismen bedürfen.

Dies vorausgeschickt muss ich aber bestätigen, dass bei fast allen Zersetzungsprocessen, welche von Wundflächen ausgehen, Pilze eine hervorragende Rolle spielen und den Zersetzungsprocess wesentlich befördern. Von der Wirksamkeit parasitischer Pilze unterscheiden sie sich dadurch, dass sie nicht in das lebende, gesunde Holz hineinwachsen, sondern nur die Zersetzung des vorher abgestorbenen Holzes vermitteln. Die Weiterverbreitung der Zersetzung hängt desshalb auch nicht von den Pilzen ab, sondern von anderen Factoren, die wir gleich näher kennen lernen werden. Nachdem die Wundfläche durch Vertrocknen oder aus anderen Ursachen abgestorben ist, tritt die Zersetzung derselben ein und zwar einestheils in Folge directer Einwirkung des Sauerstoffs der Luft auf die todte organische Substanz, anderentheils in Folge der Einwirkung von Pilzmycelien, die sich auf dieselbe durch Keimung aufgeflogener Pilzsporen entwickelt haben. Selbstredend ist hierzu die Gegenwart von Wasser nothwendig. Dasselbe gelangt in beschränkter Menge aus dem Inneren des Baumes zu den abgestorbenen Holzzellen, vor allem ist es aber atmosphärisches Wasser, welches, in die Holzsubstanz bei jedem Regen eindringend, die Entwicklung der Pilze fördert. Ist es möglich, den Zutritt des Aussenwassers ganz oder doch grösstentheils abzuhalten, so trägt dies sehr dazu bei, die Zersetzung einzuschränken, und zwar einmal, weil damit die Entwicklung der Pilze beeinträchtigt wird, vorzugsweise aber desshalb, weil es das Aussenwasser ist, das, in die Organe eindringend, die Zersetzungsproducte löst

und weiter in das gesunde Holz fortführt, indem es in demselben theils herabsinkt, theils emporsteigt. Es muss desshalb das Bestreben dahin gehen, das Eindringen von Aussenwasser in die Wunde möglichst zu verhüten. Untersucht man wundfaules Holz, so zeigt dasselbe fast immer im Inneren der Organe jene löslichen Zersetzungsproducte, die nach dem Austrocknen sich als Kruste auf der Wandung ablagern, oder als brüchige, nach verschiedener Richtung beim Trockenen rissig gewordene gelbe oder bräunliche Substanz das ganze Innere fast ausfüllen (Fig. 7 a, b, d). Je mehr derartige gelbe oder bräunliche Flüssigkeit in dem Holze enthalten ist, um so dunkler braun ist dasselbe gefärbt, und ist jene schwarz-braune Färbung Fig. 6 und 8 charakteristisch für die Wundfäule. Die Pilze, die wir im Inneren des wundfaulen Holzes antreffen, sind sehr verschiedener Art, doch trifft man gewisse Pilzarten nur in solchen Wunden, welche mit dem Erdboden in Berührung stehen, in welche also unterirdisch lebende Pilze einzudringen vermögen. Es ist wiederum sehr bezeichnend für diese Wundfäule, dass man fast nie einzelne bestimmte Pilzarten, sondern in der Regel gleichzeitig eine ganze Reihe verschiedener Pilze in solchem Holze antrifft, wodurch selbstredend das Studium derselben, aber auch das Studium des Zersetzungsprocesses ungemein erschwert wird. Bei der Fichtenwundfäule, welche von Wurzelverwundungen ausgeht, habe ich in den meisten Fällen das Mycel von Agaricus melleus nicht vermisst. Dasselbe gelangt zunächst in Form von Rhizomorphen an das todte Holz der Wundfläche und fördert in ähnlicher Weise, wie dies im vorangehenden Artikel dargestellt ist, die Zersetzung des Holzes. Man findet insbesondere sehr oft und reich entwickelt das blasig angeschwollene Mycel, wie solches Taf. XI Fig. 3 dargestellt ist, im schwarz-braun gefärbten Holze. Nach aussen, in Spaltenräume wächst dasselbe nicht selten in Form von Rhizomorpha subterranea hervor (Fig. 8), entwickelt sich von hier aus in reichen Strängen und wächst aus den Wunden nach aussen hervor. Es scheint, dass Agaricus melleus die Fäulniss des Holzes von unterirdischen Wunden aus mehr befördert, als andere Saprophyten und habe ich in allen Fällen, in welchen von den Wurzeln der Fichte aus die schwarzbraune Fäulniss höher im Stamm emporzog, die Wurzeln völlig ausgefault waren, die Wandungen von einer mit Wasser schwammartig erfüllten blättrigen faulen Substanz bekleidet waren, das Mycel dieses Pilzes in reicher und üppiger Entwicklung gefunden. Sehr oft findet man auch in dem wundfaulen Holze der Wurzeln oder des von Wurzel-Wunden ausgehenden faulen Holzes des Wurzelstockes und unteren Stammendes Pilze, die zu den Ascomyceten gehören dürften und die von Willkomm als Xenodochus ligniperda bezeichnet sind. Ich habe Taf. XI Fig. 9 derartiges Holz gezeichnet, in welchem ein Pilz aus dieser Gruppe von Saprophyten dargestellt ist, der wohl identisch mit dem Xenodochus ligniperda W. sein dürfte. Ich habe mich bemüht, den von Willkomm in dessen „Mikroskopischen Feinden des Waldes" Heft 1 beschriebenen Entwicklungsgang dieses Pilzes und seiner zugehörigen Formen, d. h. Nyctomyces candidus, der weissen Nachtfaser, sowie Rhynchomyces violaceus W., des blauen Schnabelpilzes, aufzufinden, bin aber bisher nur zu negativen Resultaten gelangt. Es ist sehr schwer, unter den verschiedenartigen Pilzen, die wir in solchem von Wurzelverwundungen ausgehenden zersetzten Holze auffinden, den Entwicklungsgang eines einzelnen derselben zu verfolgen und scheiterten meine Bemühungen bisher daran, dass ich mir nicht die Ueberzeugung in vollstem Masse verschaffen konnte, dass ich es bei den verschiedenen Pilzformen nur mit Formen einer Art zu thun habe. Selbst die in Fig. 9 e dargestellten pfriemenförmigen Hyphenäste, die an der Spitze etwas trichterförmig erweitert sind und Spermatien auszusondern scheinen, habe ich nur desshalb gezeichnet, weil ich fast mit Bestimmtheit glaube gesehen zu haben, dass an denselben Mycelfäden jene eigenthümliche Gemmenbildungen auftreten, die von Willkomm für Sporangienketten gehalten werden. Man findet diese eigenthümlichen rechtwinklig abstehenden Aeste oft in grosser Zahl nahe zusammenstehend und dann, gewissermassen componirte kegelförmige Organe bildend, fast immer nahe der Oberfläche des Holzes, auch unmittelbar auf dem faulen Holze selbst und ist es möglich, dass sie zur Formengruppe dieses Saprophyten gehören, mit Bestimmtheit kann ich es nicht behaupten. Ich habe vorläufig darauf Verzicht geleistet, die mannigfachen Pilzformen, die ich hier beobachtet habe, abzubilden oder weiter zu studiren, glaube, dass es nur möglich sein wird, durch Einzelcultur zu einer klaren Einsicht zu gelangen, habe aber die Veröffentlichung der vorliegenden Untersuchungsreihe nicht verzögern wollen durch die Bearbeitung der gewiss sehr interessanten Saprophyten, deren es eine grosse Anzahl im wundfaulen Holze giebt.

Ist es gestattet, nur andeutungsweise eine Vermuthung auszusprechen über die Stellung des sog. Xenodochus ligniperda W., so möchte ich annehmen, dass derselbe verwandt sei der Ceratostoma pilifera

(Sphaeria dryina), die jenes bekannte Blauwerden des Nadelholzes veranlasst, wenn dasselbe nach der Fällung oder nach dem Tode durch Raupenfrass u. s. w. nicht schnell genug trocknet. In jedem Holzstall, in welchem nicht völlig trockenes Nadelholz aufbewahrt wird, entwickelt sich dieser Saprophyt in üppiger Weise und färbt durch sein braunes Mycel das Holz dunkel („Blauwerden"). Dieser Gattung oder den Gattungen Pleospora oder Fumago, also einem Ascomyceten, scheint mir das durch jene Gemmenbildung charakterisirte Mycel anzugehören.

Die Untersuchung stark zersetzten wundfaulen Fichtenholzes zeigte in verdünntem Ammoniak das ausserordentlich hohe Procent von 41,48 löslicher Substanzen, also einen unlöslichen Rückstand von nur 59,52 Procent. Die Elementaranalyse derartigen Holzes ergab im Durchschnitt zweier Untersuchungen nach W. Schütze:

48,14 C. 4,96 H. 40,24 O. + N., 6,66 Asche,

oder auf aschenfreie Substanz berechnet:

51,57 C. 5,32 H. 43,11 O. + N.

Gesundes Fichtenholz enthält nach Dr. Daube:

48,63 C. 5,80 H. 45,18 O. + N., 0,39 Asche,

oder aschenfrei:

48,82 C. 5,82 H. 45,36 O. + N.

Der ungemein grosse Aschengehalt des wurzelfaulen Holzes erklärt sich aus dem hochgradigen Zersetzungszustande, durch den selbstredend nur die organische Substanz, nicht aber die Aschenbestandtheile vermindert, das Verhältniss der unverbrennlichen zu den verbrennlichen Bestandtheilen bedeutend gesteigert worden war. Die Zersetzung hatte einen Rückstand hinterlassen, dessen Kohlenstoffgehalt sich zu dem des gesunden Holzes wie 51,57 : 48,82 verhält.

Da 41,48 Procent der untersuchten Substanz in verdünntem Ammoniak löslich ist und zum grossen Theil als jene oben besprochene lösliche Humussubstanz betrachtet werden darf, so berechtigt diese Untersuchung zu der Annahme, dass auch die Humuslösung eine kohlenstoffreiche Substanz sei.

Wundfaules Holz, welches entstanden ist durch oberirdische Verwundungen, zeigt bei reichlichem Wasserzutritt ebenfalls eine tief schwarz-braune Färbung und reichlichen gelbgefärbten flüssigen Inhalt in den leitenden Organen, bei geringerem Zutritt atmosphärischen Wassers oder bei völligem Abschlusse, z. B. nach Ueberwallung der Wunden, eine mehr hellbraune Farbe. Immer findet man Pilzmycel und zwar, wie es scheint, fast immer von Hymenomyceten herstammend, nie fand ich aber an solchen Wunden Agaricus melleus oder den sogen. Xenodochus ligniperda. Es giebt zahlreiche bekannte Agaricus- und Polyporusarten, welche im todten Fichtenholze vegetiren; eine Aufzählung derselben ist nicht nothwendig, eine Beschreibung derselben überschreitet die diesem Werke gesetzten Grenzen. In Fig. 7 c habe ich nur gezeigt, wie in den mit Humuslösung theilweis erfüllten Organen auch Mycelfäden vegetiren und die Zersetzung des Holzes fördern und vermitteln.

Nachdem ich dies Allgemeine vorangeschickt habe, will ich meine Beobachtungen über die einzelnen Verwundungsarten, insoweit diese Zersetzungsprocesse im Gefolge haben, nachfolgend besprechen.

1. **Trockenästung.** Im geschlossenen Bestande sterben die unteren Aeste der Bäume ab, sobald ihren Nadeln nicht mehr der Lichtgenuss zu Theil wird, der erforderlich ist, um die Processe der Assimilation zu vermitteln. Es entsteht alsdann kein Bildungssaft mehr in denselben, das Cambium des Astes bis zu dessen Basis wird nicht mehr ernährt und das Gewebe stirbt in Folge der Functionslosigkeit ab, der Zweig oder Ast vertrocknet.

Saprophytische Pilze siedeln sich im Inneren desselben an und veranlassen eine um so schnellere Zersetzung, je geringer der Terpentingehalt, je weniger fest andererseits das Holz des Astes ist.

Es treten in dieser Beziehung schon grosse Verschiedenheiten zwischen den einzelnen Nadelholzarten auf. Fichte und Tanne besitzen bekanntlich eine ganz andere Beschaffenheit des Ast- und Zweigholzes, wie die Kiefer. Während bei der letzteren die unterdrückten Zweige an jüngeren Stämmen bald absterben und weit überwiegend aus breiten Jahresringen mit lockerem Holze bestehen, welches der Zersetzung nach dem Absterben nur kurze Zeit Widerstand leistet, zeichnen sich die Aeste der zuerst genannten Holzarten durch Zähigkeit, Härte und Widerstandsvermögen gegen die Zersetzung aus. Sie be-

stehen weit überwiegend aus festem Herbstholze und sind schon zu Lebzeiten im Kern mit Terpentin durchtränkt. Jeder Forstmann weiss, dass in einem jungen Kiefernstangenort die trockenen Zweige mit grösster Leichtigkeit abzubrechen sind und dann an ihrer Basis gewissermassen aus der Rinde des Stammes sich loslösen, dass dagegen in Fichten- und Tannenorten die todten Aeste sehr lange grosse Zähigkeit bewahren und nur schwer dicht am Stamme abzubrechen sind. Es „reinigt" sich ein Kiefernstangenort in den unteren Schafttheilen weit schneller als ein Fichtenbestand. Ist ein Kiefernzweig abgestorben, so gehören in jüngeren Beständen meist nur wenige Jahre dazu, bis der Baum ihn abgestossen hat. Es bleibt nur die im Holzstamme befindliche verkiente Basis zurück, von der späterhin nur die etwas zersetzte braune Bruchfläche erkennbar ist.

Stärkere Aeste, wie sie in den oberen Theilen des Schaftes unterhalb der Krone oder auch unten bei in der Jugend frei erwachsenen Kiefern auftreten, erhalten sich dagegen Jahrzehnte am Baume, da insbesondere das verharzte Kernholz der Zersetzung lange Zeit Widerstand leistet. Es wird desshalb mit dem Dickewachsthume des Stammes die harzreiche Astbasis von dem Holze des Hauptstammes eingeschlossen, der Aststutz, soweit er nicht inzwischen durch Zersetzung sich verkleinert hat, wird allmälig überwachsen und völlig eingeschlossen. Spaltet man astreiche Kiefern, so findet man im Inneren die todten Aststutzen in grosser Anzahl wieder und zwar fast immer völlig verkient. Einestheils war der Kiengehalt vor dem Einwachsen bereits im Astholze vorhanden gewesen, anderentheils wird der zersetzte Theil des Aststutzes nachträglich im Inneren des Baumes noch von Terpentin imprägnirt und dadurch schon dessen weitere Zerstörung oder gar ein Weitergreifen der Zersetzung verhindert.

Weit länger erhalten sich schon an jüngeren Fichten und Tannen die Zweige und Aeste nach dem natürlichen Tode derselben am Baume, wie oben schon erwähnt wurde. Nicht allein die Festigkeit und der Harzreichthum insbesondere an der Astbasis ist hieran Schuld, sondern auch eine weitere Eigenthümlichkeit, die ich übrigens in beschränkterem Masse auch bei der Kiefer beobachtet habe, darin bestehend, dass von dem Hauptstamme aus die Basis des Astes resp. Zweiges nach dem Tode oft bis auf 4 cm vom Stamme und weiter ernährt und lebend erhalten wird. Es verdickt sich dadurch bei der Fichte die Basis des todten Astes ringsherum wulstförmig und schneidet man denselben dicht am Stamme ab, so zeigt sich selbst an schon seit langer Zeit abgestorbenen Aststutzen die Schnittfläche völlig gesund und lebend. Diese Eigenthümlichkeit hat zur Folge, dass der Baum eine Reihe von Jahren sich verdicken kann, ohne dass der abgestorbene Theil der Aeste von demselben eingeschlossen wird. Bei der langdauernden Widerstandsfähigkeit der todten Aeste würden wir ohne diese Eigenthümlichkeit weit mehr ausfallende Hornäste in den Fichten- und Tannenbrettern antreffen, wie dies der Fall ist. Es ist bekannt, dass der Wulst an der Basis der Fichtenäste, der übrigens auch schon an lebenden Aesten oft recht stark hervortritt, die Dicke einer Faust zu erreichen vermag und endlich auch einen Theil des abgestorbenen Aststutzes umwächst. Wenn nicht durch künstliche Trockenästung der todte Ast entfernt wird, dann wird derselbe im Laufe der Zeit von dem dicker gewordenen Stamme eingeschlossen und es entstehen die „ausfallenden Aeste", welche den Werth der Bretter in hohem Grade vermindern. Bei sehr schnellem Dickewachsthum findet man eingewachsene Aeste, die noch sehr wenig zersetzt, ja fast ganz intact sind, in der Regel zeigen aber die todten Aeste schon eine erhebliche Schwarzfärbung als Beweis eingetretener Wundfäule, oft ist die Festigkeit sogar bedeutend vermindert, der Ast selbst ganz mürbe. Die Durchtränkung mit Terpentin lässt solchen faulen Ast anfänglich noch besser erscheinen, als er in der That ist, denn nach der Verflüchtigung des Terpentins aus dem Holze des der Luft exponirten Brettes erweist sich ein anfänglich noch ziemlich fester Ast oft als völlig mürbe. Die Verflüchtigung des Terpentins aus dem Holze ist eine so auffällige, dass die Waldarbeiter den sogen. Vogelkien, der, wie ich nachgewiesen habe, durch das Mycel von Peridermium Pini in der Kiefer gebildet wird, in grossen Stücken aufbewahren, da er, in Splitter zerschlagen, sehr bald sich verschlechtert.

Das Ausfallen der Hornäste geschieht, ob dieselben noch fest oder schon zersetzt sind, sobald das Brett, in welchem der Hornast sitzt, trocknet und an Volumen abnimmt (schwindet), und zwar desshalb, weil zwischen dem Holze des Stammes und dem des „eingewachsenen" todten Astes gar keine organische Verbindung vorhanden ist. Durch künstliche Trockenästung, welche als sehr empfehlenswerth mehr noch bei der Fichte und Tanne als bei der Kiefer bezeichnet werden muss, vermeidet man die Entstehung jener Hornäste. Um Rindenverletzungen zu verhüten, ist es nothwendig, nur den trocknen Ast

abzuschneiden, den grünen Wulst an der Basis nicht zu berühren. Man vermeidet dann den unnöthigen Terpentinerguss (Harzfluss) aus den geöffneten Harzkanälen, der übrigens durchaus nicht so nachtheilig für die Gesundheit des Baumes ist, als vielfach angenommen wird.

2. **Grünästung ausser der Saftzeit.** Es ist eine hinlänglich erwiesene Thatsache, dass eine sorgfältig ausgeführte Aestung zur Wadelzeit bei unseren Nadelholzwaldbäumen, durchaus ohne beachtenswerthe Zersetzungsprocesse nach sich zu ziehen, stattfinden kann. Die Wundflächen bekleiden sich in der Regel so bald durch austretendes Harz, dass die bei Laubholzästungen nöthige Theerung in der Regel nicht nothwendig erscheint. Eine eigentliche Wundfäule habe ich an im Winter vorschriftsmässig geästeten Fichten, Tannen und Kiefern noch nicht beobachtet. Eine Gefahr droht solchen Wunden nur durch Parasiten, wenn im Herbste oder im Frühjahre zwar noch zur Zeit der Vegetationsruhe, aber doch bei einer zur Pilzkeimung genügenden Luftwärme Sporen von Trametes Pini, Polyporus fulvus, borealis, mollis, vaporarius oder anderen von mir noch nicht untersuchten Parasiten auf der frischen, noch nicht verharzten Wunde keimen und der Parasit in das Holz eindringt. Ich verweise dieserhalb auf die vorangehenden Artikel. Die Kiefer, aus deren Kernholz kein Terpentin ausdringt, da dasselbe weniger dünnflüssig und mehr harzreich ist, ist der Gefahr der Infection weit mehr ausgesetzt, als die kernholzlose Fichte und Tanne, deren Astholz weit leichter völlig verharzt und wegen der dickeren Wandungen und des geringen Lumens, das sich mit Terpentin bald gefüllt hat, dem Eindringen der Pilzfäden weniger zugänglich ist.

Eine Grünästung im Winter dürfte nur für die Kiefer gefährlich sein, wenn derselben stärkere, bereits Kernholz besitzende Aeste entnommen werden. Nothwendig ist auch hier, die Verwundung der Rinde des Stammes möglichst zu vermeiden.

3. **Grünästung zur Saftzeit.** Sie sollte, wo irgend die Aestung im Winter oder doch vor Beginn der Vegetation ausgeführt werden kann, besser unterbleiben und zwar desshalb, weil selbst bei sorgfältiger Ausführung der Arbeiten Rindeverletzungen nicht ganz zu vermeiden sind. Diese sind es aber, von denen die Wundfäule fast allein ausgeht. Die Querschnittfläche des Astes schützt sich in der Regel durch Harzausfluss selbst, dagegen beginnt die Zersetzung und Verfärbung des Holzes von der entblössten Aussenfläche des Astes oder des Stammes, wenn bei der Aestung ein Abreissen oder Loslösen der Rinde stellenweise stattgefunden hat. Im Oberforst Seesen am Harze untersuchte ich einen ca. 100jährigen Fichtenbestand, in welchem vor 30 Jahren im Monat Juni zahlreiche Randbäume allerdings auf rohe Weise ausgeästet waren, um Material zu einem Spriegelzaun zu gewinnen, der einen Saatcamp schützen sollte. Bei sehr vielen, ja den meisten Aesten sah man deutlich, zumal nach dem Zerschneiden des Stammes, dass unterhalb des Astes ein Theil der Rinde abgerissen war in Folge davon, dass beim Abhacken der Aeste nicht zuvor von unten eingehauen war, um das Einreissen der Rinde zu verhüten. Die von den Astwunden ausgehende, durch dunkle Färbung charakterisirte Wundfäule war durch den ganzen Baum bis nahe den Wurzeln zu verfolgen. Holzinsekten hatten ihre Bohrgänge an den Wundflächen angelegt und dadurch noch das Eindringen des atmosphärischen Wassers in das Innere des Stammes befördert. Ich erwähne diesen Fall unter der ausdrücklichen Bemerkung, dass meine Beobachtungen über die Sommerästung des Nadelholzes nur sehr vereinzelte sind, dass weitere Untersuchungen wünschenswerth sein dürften, um festzustellen, ob bei völliger Vermeidung von Rindenbeschädigungen die Gesundheit des Baumes nicht zu leiden hat.

Ob die Gefahr der Infection durch Parasiten im Sommer dieselbe ist, wie im Herbst und Frühjahre, dürfte wesentlich davon abhängen, ob trockenes Wetter ein schnelles Vertrocknen der Wundfläche fördert und die Keimung der Sporen verhindert, oder feuchtwarmes Wetter in entgegengesetzter Richtung wirkt.

4. **Gipfelbruch.** Wird der Gipfel einer Fichte durch Schneedruck oder durch die Hand eines Frevlers abgebrochen resp. abgeschnitten, so dringt, da wir es mit einer horizontalen Wundfläche zu thun haben, das Regen- und Schneewasser auf der Schnittfläche leicht ein und führt die löslichen Zersetzungsproducte aus den oberen Theilen weit nach unten in den Stamm hinab. Von der Wunde zieht sich die Zersetzung in der Regel weit in den Stamm abwärts und hat auch einen schnellen Verlauf, so dass von oben ein völliges Ausfaulen des inneren Stammes bis zu erheblicher Tiefe eintritt. Ich will hierbei auf eine Eigenthümlichkeit aufmerksam machen, die ich mir noch nicht genügend zu erklären vermag. Es ist bekannt, dass der Bildungssaft im Bastkörper nur abwärts und seitwärts, aber nicht aufwärts wandern kann, in Folge dessen jeder nicht selbstständig belaubte Aststutz absterben muss. Das oberste Schaftende einer geköpften

Fichte bis zu dem nächsten benadelten Aste verhält sich wie ein Aststutz, d. h. er müsste zuwachslos bleiben von der oberen Schnitt- resp. Bruchfläche bis zum obersten lebenden Aste. Thatsächlich ist dies bei der Fichte (ob bei der Tanne auch, ist mir nicht bekannt) nicht der Fall, vielmehr bleibt die astlose Schaftspitze lebend, verdickt sich und überwallt nicht vom Grunde, sondern von der Schnittfläche aus, verhält sich mit anderen Worten ebenso, wie manche Weisstannen- und Fichtenstammstöcke, die noch 20 und mehr Jahre nach der Fällung des Baumes sich lebend erhalten und von deren Hiebsflächenrande aus überwallen. Es lässt sich zwischen der Stocküberwallung, der Gipfelbruchüberwallung und dem vorher erwähnten Grünbleiben und Anschwellen der Basis todter Seitenäste der Fichte eine gewisse Analogie erkennen, für deren Erklärung mir zur Zeit noch Anhaltspunkte fehlen.

5. **Zwillingsstämme der Fichte.** Die Fichte besitzt die Eigenthümlichkeit, dann, wenn sie in den ersten Lebensjahren einzeln erwächst, etwa im 3.—4. Jahre häufig einen doppelten Höhentrieb anzunehmen und dadurch zur sogen. Zwillingspflanze zu werden. Es ist bekannt, dass junge Fichtenorte, welche aus Einzelpflanzung hervorgegangen sind, recht oft den Eindruck hervorrufen, als habe man einen aus gemässigter Büschelpflanzung hervorgegangenen Bestand vor sich. Die beiden Stämme rivalisiren im Wuchse lange Zeit, oder es bleibt der eine bald hinter dem anderen Stamme zurück, und in den ersten Durchforstungen wird dann der schwächere Stamm fortgenommen. Zwischen diesen Zwillingen und den aus Büschelpflanzung hervorgegangenen Verwachsungsstämmen besteht ein wesentlicher Unterschied, indem bei den letzteren die erst nachträglich äusserlich verwachsenen Stämme innerlich von einander getrennt sind durch den Rindenkörper der aufeinander liegenden beiden Stammflächen. Entfernt man rechtzeitig in den ersten Durchforstungen die Stämme eines Büschels bis auf den dominirenden Stamm, so tritt damit in der Regel noch keine Fäulniss des zurückbleibenden Stammes ein. Wenn dagegen erst im 20—30jährigen Alter ein Zwilling weggenommen wird, so verhält sich die zurückbleibende Basis desselben gerade so wie ein Aststummel. Derselbe stirbt in Folge der Functionslosigkeit ab, wird im Laufe der Jahre umwachsen (Taf. XI Fig. 6 a), hinterlässt aber am Fusse des Stammes eine offene Wunde, wenn die Fäulniss denselben zerstört hat.

Nachdem der todte Stutz insbesondere von der dem Eindringen des Wassers sehr zugänglichen oberen Hiebsfläche aus durchweg gebräunt und zersetzt, wohl selbst schon ausgefault ist (Fig. 6 a), dann verbreitet sich die Wundfäule auch auf den Holzkörper des stehenden Stammes, indem sie ihren Ausgang von der Verbindung des gesunden Stammes und des todten Stummels unterhalb der Gabelstelle nimmt. Gefährlicher wird diese Art der Wundfäule dann, wenn durch das vollständige Verfaulen des todten Stutzes der directe Zutritt des Bodenwassers in den Stamm befördert wird und jene bereits genannten Pilze (Agaricus melleus etc.) in das Innere eindringen. Umwächst der Stamm den Stutz allseitig und schliesst ihn völlig ein, dann beschränkt sich die Verbreitung der Fäulniss darauf, dass die Bräunung bis auf Stock- oder Brusthöhe im Baume emporsteigt.

Jedenfalls ist es dringend zu empfehlen, die bereits vor 18 Jahren von mir im Spessart kennen gelernte Massregel allgemein durchzuführen, die Fichtenculturen, wenn sie etwa 1 m hoch sind, durch einige geschickte Arbeiter mit einem scharfen Messer von allen Zwillingsbildungen säubern zu lassen, indem man dieselben dicht am Leibe abschneiden lässt. Es verheilt alsdann nach 1—2 Jahren die kleine Wunde, ohne nachtheilige Folgen zurückzulassen. Ich entsinne mich, dass man sich zu dieser Operation stark gekrümmter Messer bediente, die an einem langen Stiele befestigt waren, um durch einen von unten nach oben geführten Schnitt bequem die Gabelbildung, die ja tief unten am Boden ihren Ursprung nimmt, zu beseitigen.

6. **Schälwunden durch Rothwild.** Das Schälen der Rinden von Fichte, Kiefer, Tanne u. s. w. durch Rothwild ist eine Verwundungsart, die jedem Forstmanne genügend bekannt ist, so dass ich über die Art dieser Beschädigung, über die verschiedenen Ansichten, die man aufgestellt hat, um das Motiv des Schälens zu erklären (Nahrungsmangel im Winter macht die mehlreiche Rinde zu einer beliebten Aesung, Zuckergehalt des Bastes und Cambiums macht sie im Sommer zu einer Leckerei oder den Gerbstoffgehalt zu einer den Magen stärkenden Arzenei u. s. w). Ich gehe auf diese Fragen hier nicht ein, sondern betrachte nur den Effect der Wunde auf die Gesundheit des Holzstammes.

Die Kiefer mit ihrer frühzeitig eintretenden Borkebildung ist vom Wilde nur wenige Jahre gefährdet, und zwar ist es das Lebensstadium, in welchem der 3—5jährige Schafttheil in der dem Wilde bequem erreichbaren Höhe zwischen 1—2 m liegt, in welchem also die Kiefer etwa eine Höhe von $2^1/_2$—4 m besitzt.

Später schält das Wild die Kiefer desshalb nicht mehr, weil dann in 1—2 m Höhe der Stamm schon zu viel todte Borke besitzt. Der reiche Harzgehalt der Kiefer veranlasst auf der frischen Schälwunde alsbald einen schützenden Ueberzug, der ein weiteres Vertrocknen, insbesondere aber ein Eindringen von atmosphärischem Wasser auf der Wundfläche verhindert. Selbst rund herum geschälte dünne Stangen können sich daher oft eine Reihe von Jahren lebend erhalten. Eine eigentliche Wundfäule aber habe ich in Folge des Schälens noch nicht zu beobachten Gelegenheit gehabt. Die Ueberwallung einer Schalmwunde erfolgt lediglich in Folge der Aufhebung oder Verminderung des Rindendruckes auf das Cambium in der Nähe des Wundrandes. Da nach der Wundfläche zu der Rindendruck völlig beseitigt ist, so entwickelt sich der neue Jahrring nach dieser Seite zu besonders stark und tritt in Form eines Ueberwallungswulstes unter der Rinde hervor. Da auch in den nächsten Jahren noch der Druck der jungen zarten Rinde des Ueberwallungswulstes, hervorgerufen durch die Spannung, welche die Ausdehnung derselben in Folge des Dickewachsthums veranlasst, ein geringerer ist, als der Druck der alten, borkereichen Rinde auf die unverletzten Baumtheile, so dauert der gesteigerte Zuwachs in der Umgebung der Wunde mehrere Jahre fort, bis endlich die Wunde geschlossen ist. Eine völlige Verwachsung der in der Mitte der Wunde aufeinanderstossenden Ueberwallungswülste hält aber bei der Kiefer weit schwerer, als bei der dünnrindigen Fichte und Tanne, weil vor diesem Zusammentreffen in der Rinde meist schon wieder Borkebildung eingetreten ist.

Bei der Fichte werden im Gegensatz zur Kiefer noch Stämme von 20 cm Durchmesser und mehr geschält, und besitze ich Querscheiben, welche eine fünfmal wiederholte Schälung auf verschiedenen Seiten des Stammes erkennen lassen. Schält das Wild im Winter zur Zeit, in welcher die Rinde sich nicht vom Holze löst, dann sind die Wunden in der Regel nicht so gross, wie in Folge der Sommerschälung, bei welcher das Wild die Rinde in grossen Lappen vom Stamme loslöst. Es scheint auch, dass in Bezug auf die Gesundheit des Baumes die Sommerschälung gefährlicher ist, indem Infectionen durch parasitische Pilze bei ihr leichter eintreten, als nach der Winterschälung. In der Regel bekleidet sich auch bei der Fichte die Wundfläche mit Harz, wodurch dieselbe sowohl gegen das Austrocknen als auch das Eindringen des Wassers geschützt wird. Sei es nun der geringere Harzreichthum der Fichte oder seien es noch andere mir unbekannte Factoren, die Thatsache steht fest, dass von jeder solchen Wundfläche eine Bräunung des Holzes ausgeht, die mehr oder weniger tief nach innen vordringt (Fig. 6 b) und sich dann nach oben und unten im Stamme eine gewisse Strecke fortpflanzt und im Querschnitt in Form von braunen Flecken zu erkennen giebt (Fig. 6 d). Diese von Rothwildschälstellen ausgehende Wundfäule (den Fall, dass Parasiten eingedrungen sind, habe ich früher besprochen) setzt sich aber fast niemals sehr weit im Stamme fort und es genügt schon das Abschneiden einer oder weniger Scheitlängen vom unteren Stammende, um einen völlig gesunden Querschnitt zu erhalten. Ich führe einen Fall hier an, welcher die Art der von Schälstellen ausgehenden Wundfäule recht klar kennzeichnet. Im Harzburger Oberforst, in welchem — beiläufig gesagt — innerhalb des seit vielen Jahrzehnten bestehenden Gatters kaum eine Fichtenstange anzutreffen ist, die vom Rothwilde nicht geschält worden wäre, untersuchte ich ausserhalb des Gatters in einem 115jährigen Fichtenbestande eine Fichte, welche vor 90 Jahren, also im 25. Lebensjahre stark geschält worden war. Durch sorgfältige Untersuchung ermittelte ich, dass im Laufe der verflossenen 90 Jahre eine Bräunung fast des ganzen Holzkörpers der 25jährigen Fichte, d. h. desjenigen Theiles des 115jährigen Stammes eingetreten war, welcher zur Zeit der Schälung bereits vorhanden gewesen war. Ueber die Grenzen dieses bezeichneten Holztheiles hinaus war das Holz vollständig gesund geblieben und zwar sowohl in horizontaler Richtung als auch nach oben hin, wo sich der braune Kern bis $3^1/_2$ m über der 1 m hoch gelegenen Schälstelle verfolgen liess. Nur die obersten 4 Jahrestriebe der geschälten Stange hatten sich frei von Bräunung erhalten.

Mir ist dieser Fall ein unumstösslicher Beweis dafür, dass wir es bei dieser Wundfäule nicht mit parasitischen Pilzen zu thun haben, die jene Grenze zwischen dem Holze der 25jährigen Fichte und den nach der Schälung angelegten Jahresringen nicht respectirt haben würden, sondern dass es die vorangeschickten Momente sind, die im Laufe der Zeit ein Absterben des über dem verwundeten Stammtheile befindlichen Holzes derselben Jahresringe zur Folge gehabt haben. Es ist aber auch ferner von Interesse zu constatiren, dass die Ueberwallung der Schälwunde und der Ausschluss des atmosphärischen Wassers bewirkt hat, dass ausser einer allerdings intensiven Bräunung doch kaum eine merkliche Veränderung der

technischen Eigenschaften des Holzes im Laufe des 90jährigen Zeitraumes sich bemerkbar gemacht hatte, während bei leichtem Zutritt des Wassers von unterirdischen Wunden aus die Zersetzung eine sehr schnelle zu sein pflegt.

Ich habe sehr viele jüngere und ältere vom Rothwild geschälte Fichten fällen lassen und sorgfältig untersucht, habe oft gefunden, dass die von den Schälstellen ausgehende Bräunung sich wohl bis zu 3 oder selbst 4 m hoch im Baume emporzog, in der Regel aber nicht so weit, sondern nur ca. 1 m über die Schälwunde emporging; weitergehende Zersetzungsprocesse habe ich aber nie beobachtet, abgesehen von einigen Fällen, in denen Parasiten, z. B. Polyporus vaporarius, auf der Wundfläche eingedrungen waren. Ich referire vorstehend über das, was ich beobachtet habe, unterlasse es, auf alle jene in der Literatur oder bei Forstversammlungen ausgesprochenen Behauptungen näher einzugehen, durch welche scheinbar meine Beobachtungen entweder bestätigt oder widerlegt werden. Ich weiss, dass man selbst der mineralischen Zusammensetzung des Bodens einen Einfluss auf den Verlauf jener durch Rothwildschälen erzeugten Zersetzungsprocesse zuschreibt. Ich will auf eine Widerlegung dieser Ansichten nicht eingehen, bitte aber, unter gewissenhafter Berücksichtigung der bisher ja noch nie unterschiedenen einzelnen Arten der sogen. „Rothfäule“ in der Folge die weiteren Untersuchungen anzustellen, und gerne will ich Berichtigungen in dieser für den Forstmann und Jäger gleich wichtigen Frage als berechtigt anerkennen, wenn sie auf Grund wissenschaftlicher Untersuchungen, nicht aber auf Grund gelegentlicher flüchtiger Beobachtungen aufgestellt werden.

7. **Schälwunden in Folge des Holzrückens.** Ganz ähnliche Wunden, wie sie durch das Schälen des Rothwildes entstehen, sehen wir tiefer am Stamme am sogen. Wurzelanlaufe in grosser Anzahl besonders in solchen Fichtenbeständen, welche an Bergwänden stehend schon öfter durchforstet worden sind. Beim Rücken des Langholzes an die Wege streifen die Stämme nicht allein seitlich an die stehenden Bäume und entrinden dieselben stellenweise (Fig. 6 e), sondern auch die flachstreichenden Wurzeln werden auf der Oberseite vielfach gequetscht oder entrindet. Die Erscheinungen, welche nach solchen Verwundungen oberirdischer Baumtheile auftreten, sind dieselben, wie sie soeben für die Wunden durch Rothwildschälen beschrieben sind. Die so häufig auftretenden schwarz-braunen Flecke auf der Abhiebsfläche der Stämme rühren zum grossen Theil von dieser Wundenart her. Ist der Schaden auch von oberirdischen Wunden nicht sehr gross, so werden doch auch die Wurzeln vielfach durch das Holzrücken beschädigt und da, wie sogleich besprochen werden wird, Wurzelwunden weit nachtheiliger sind, so dürfte womöglich dafür zu sorgen sein, dass das Herausrücken des Langholzes an die Abfuhrwege vor Beginn der Vegetation, also vor der sogen. Saftzeit eintritt, solange die Rinde noch nicht sich löst und desshalb die Verwundungen weniger zahlreich und gross sind.

8. **Baumschlag und Anprällen.** Bei der Baumfällung im Durchforstungsbetriebe ist es im geschlossenen Bestande oft nicht zu vermeiden, dass der stürzende Baum an einem Nachbarstamme herabrutscht und dabei die Rinde desselben quetscht, ohne sie geradezu abzulösen. Durch Menschenhand werden die Bäume häufig beschädigt, indem man dieselben „anprällt“, d. h. mit dem Axtrücken heftig gegen denselben schlägt, um dadurch das Herabfallen von Raupen zu bewirken. Solche Quetschwunden sind desshalb weit gefährlicher, als Schalmwunden, weil die gequetschte und in Folge dessen absterbende Rinde die Ränder der nicht getroffenen und desshalb gesund bleibenden Rinde noch lange Zeit mit einander verbindet, wodurch der Druck der Rinde auf das Cambium nicht vermindert wird, mithin die Veranlassung zur Entstehung des Ueberwallungswulstes fehlt, wie ich dies schon früher nachgewiesen habe. Die durch das Prällen entstandenen Wunden überwallen desshalb nicht oder doch erst sehr spät. An Kiefernstangen, welche vor etwa 30 Jahren in der Nähe von Eberswalde angeprällt worden sind, zeigt sich noch heute die ursprüngliche Wunde in unverminderter Grösse. Schon diese lange Entblössung des Holzkörpers übt einen nachtheiligen Einfluss auf die Gesundheit des Holzes aus. Es tritt noch der Umstand hinzu, dass nach dem Absterben und Vertrocknen der gequetschten Rinde in derselben einzelne Risse entstehen, in welche das Wasser eindringt, um sich dann zwischen Holz und todtem Baste lange Zeit zu erhalten und die entstehenden Zersetzungsproducte in den Holzkörper hineinzuführen. Unter Quetschwunden zeigt sich desshalb die Wundfäule meist weit mehr verbreitet, als unter offenen Wunden.

9. **Verwundungen durch Harznutzung** habe ich in der Oberförsterei Suhl an der Fichte kennen zu lernen Gelegenheit gehabt. Bekanntlich nimmt man zuerst nur einen etwa 2 Finger breiten, vertikal

verlaufenden und ca. 2 m langen Rinde- resp. Baststreifen bis auf das Holz fort. Der Terpentin tritt aus den in den Markstrahlen liegenden Harzkanälen alsbald in Tropfenform aussen hervor, da die Markstrahlharzkanäle in offener Verbindung stehen mit den im Holzstamme vertikal verlaufenden Harzkanälen, also die Schwere der Terpentinsäule auch seitlich auf den Terpentin der Markstrahlkanäle einwirkt und denselben hinauspresst. Das Ausfliessen des in freier Luft zu „Harz" oxydirenden, auch durch Verflüchtigung des Terpentinöls sich verdickenden Terpentins hört in der Regel schon im Laufe des ersten Jahres auf, da die Harzkanäle sich durch festes Harz äusserlich verstopfen. Es wird dann nach dem Abscharren des Harzes zu beiden Seiten der Harzlachte der inzwischen entstandene Ueberwallungswulst abgeschnitten und werden damit aufs Neue Harzkanäle der Markstrahlen aufgeschlossen, so dass ein erneutes Ausfliessen jenes aus Terpentinöl und Harz bestehenden flüssigen Terpentins stattfinden kann. Der zuerst freigelegte Holzstreifen trocknet im Laufe der Jahre aus, und treten Zersetzungserscheinungen ein, oft befördert durch Holzwespen (Sirex), deren Larvengänge tief in das Holz eindringen, selbstredend die Aufnahme atmosphärischen Wassers und die Weiterverbreitung der Zersetzungsproducte nach oben und unten, sowie in horizontaler Richtung beschleunigen. An einer seit 39 Jahren auf Harz genutzten Fichte war nicht allein der ganze Holzkörper mit Ausschluss der jüngeren Holzlagen am unteren Stammende gebräunt und stark zersetzt, sondern über den 4 Harzlachten, welche auf den vier Seiten des Baumes angebracht waren, zog sich die Bräunung nach aufwärts bis zu einer Baumhöhe von 12 m empor.

Der Schaden, den die Harzentziehung herbeiführt, beruht mithin nicht allein in einer bedeutenden Verschlechterung des Holzes an sich, da ja die Güte des Nadelholzes in hohem Masse abhängig ist von dem Harzgehalte desselben, sondern er beruht auch darin, dass ein sehr grosser und gerade der werthvollste untere Stammtheil zu Nutzholz unbrauchbar wird und nur schlechtes anbrüchiges Brennholz liefert. In vielen Beständen des Oberforstes Suhl ist die Nutzholzausbeute, die dort in nicht geharzten Beständen mindestens 70 Prozent des Einschlages beträgt, auf 20—30 Prozent herabgedrückt, lediglich in Folge der langjährigen Harznutzung.

10. **Die Verwundungen der Wurzeln** sind nicht bei der harzreichen Kiefer, wohl aber bei der Fichte sehr häufig Veranlassung zu einer in den Wurzelstock und in das untere Stammende emporsteigenden Wundfäule. Beim Holzrücken entstehen solche Wurzelbeschädigungen, ferner durch die Wagenräder, sehr häufig finden sie sich auf Viehtriften und Viehlagerplätzen und zwar so zahlreich, dass an den flachstreichenden Wurzeln der Fichte oft eine vernarbende Wunde neben der anderen zu finden ist. Liegen solche Wurzeln ganz frei, wie das an Berghängen, zumal auf Triften und Wegen der Fall ist, indem der Regen den durch den Tritt des Viehes gelockerten Boden abschlämmt, dann sieht man unter der Wunde in der Regel nur auf kurze Erstreckung eine Bräunung eintreten.

Sind dagegen die Wurzeln von einer Humusschicht und von Moos bedeckt, dann bewirkt die fortwährende Einwirkung der Bodenfeuchtigkeit auf die offene Wundfläche eine beschleunigte Zersetzung, die sich durch tief schwarzbraune Färbung, durch reichen Wassergehalt des zersetzten Holzes und dadurch auszeichnet, dass ein vollständiges Ausfaulen des Kernes der betreffenden Wurzeln eintritt (Fig. 6 e). Von der betreffenden Wurzel kann sich das Ausfaulen aufwärts in den Wurzelstock fortsetzen, zumal wenn das Mycel von Agaricus melleus an der Wunde eindringt und dann das Holz in eine blättrige, sehr wasserreiche, braune Substanz umgewandelt wird (Fig. 8 c). Dass bei diesen von den Wurzelwunden ausgehenden Zersetzungen auch jener sogen. Xenodochus ligniperda eine Rolle spielt und die Zersetzung befördert (Fig. 9), habe ich bereits oben angeführt.

Eine interessante Thatsache ist auch, dass an solchen Wunden oftmals die grosse Waldameise, Formica herculeana, eindringt und das Innere des Stammes von unten aus bis zu einigen Meter Höhe (ob noch höher, ist mir unbekannt) aushöhlt. Die grossen Gänge verlaufen mit Vorliebe im Frühjahrsholze und das festere Herbstholz bleibt auf grössere Erstreckungen hin von dem Insecte unberührt, so dass die konzentrischen Schichten des schmalen Herbstholzes allein übrig bleiben, wenn der grösste Theil des übrigen Holzes bereits von den Ameisen ausgenagt ist. Solchergestalt vorbereitetes Holz fault dann selbstredend sehr schnell vollständig aus und glaube ich, dass manche mit Ausnahme eines schmalen äusseren Holzmantels am untern Stammende völlig ausgefaulte Fichten anfänglich durch die Ameisen zernagt worden sind.

Ich habe vorstehend auf die am häufigsten auftretenden Verwundungsarten und die dadurch her-

beigeführten Processe der Wundfäule aufmerksam gemacht, um zu zeigen, wie mannigfacher Natur die Veranlassung zu der sogen. Rothfäule sein kann, wie nothwendig es desshalb ist, in jedem Einzelfalle zu untersuchen, ob die Zersetzungsprocesse durch Parasiten erzeugt wurden oder ob sie zu den Erscheinungen der Wundfäule zu zählen sind und welcher Art die Verwundung war. Nachstehend werden wir noch eine Krankheit kennen lernen, welche ebenfalls Zersetzungserscheinungen hervorruft, die mit dem Namen „Rothfäule" belegt worden sind, der ich aber den Namen „Wurzelfäule" beilegen möchte.

ERKLÄRUNG DER ABBILDUNGEN.

Tafel XI Fig. 6—9.

Fig. 6. Ein in der Mitte durchschnittener, circa 50jähriger Fichtenstock in $^1/_8$ natürlicher Grösse. Bei *a* das bereits grossentheils verfaulte untere Stammende eines in der Durchforstung genutzten Zwillingsstammes, der oben nahezu eingewachsen, unten dagegen noch frei ist und demnächst die Veranlassung zu einer unter der Bodenoberfläche liegenden offenen Wunde des bleibenden Stammes wird. Ueber *x* zieht sich die Bräunung auch in den lebenden Stamm aufwärts. *b* zeigt im Querschnitt eine Schälwunde, vom Rothwilde stammend, von der aus eine Bräunung des Holzes nach innen ausgegangen ist; *c* zeigt eine Schälwunde, durch Holzrücken entstanden. Die Bräunung erstreckt sich nach unten und oben und veranlasst auf Stockhöhe im Querschnitt einen braunen Fleck. Andere braune Flecke *d* entstammen höher gelegenen Rothwildschälwunden; *e* Folge einer durch Holzrücken oder den Tritt des Viehes u. s. w. oder durch Wurzelfäule veranlassten unterirdischen Wunde, in welche das Mycel von Agaricus melleus eingedrungen ist.

Fig. 7. Wundfaules Fichtenholz, von einer am oberirdischen Stamme befindlichen Wunde entnommen. Die schwarz-braune Färbung entstammt der gelblichen, durch Zersetzung entstandenen Flüssigkeit im Inneren der Markstrahlen und Tracheiden, deren feste Bestandtheile nach dem Austrocknen des Holzes als brüchige und rissige Ausfüllungsmasse (*a*) resp. als körniger Niederschlag auf der Wand der Tracheiden (*b* und *d*) erscheint und unregelmässige Sprünge und Risse durch das Austrocknen erhält. Hier und da sieht man Mycelfäden, wahrscheinlich von Polyporusarten, saprophytischer Natur vegetiren (*c*), die Wandungen durchlöchern und die Zersetzung befördern. Die Zersetzung in ihren letzten Stadien hat eine Auflösung der äusseren Wandschicht zur Folge, durch welche eine Isolirung der Fasern *d* und *e* herbeigeführt wird. Der völligen Auflösung der mittleren resp. innersten Wandschicht geht eine von rechts nach links aufsteigende Spaltung der Wand an zahlreichen Stellen voraus; insbesondere über den Tipfeln zunächst deutlich hervortretend *d*. Die Umgrenzung der Linsenräume geht völlig verloren *e*, wenn die äussere Wandschicht aufgelöst und die Verdünnung der mittleren Wandschicht weit vorgeschritten ist.

Fig. 8. Ein Stück wundfaulen Fichtenholzes, aus dem Wurzelstock eines von der Wurzel aus angefaulten Stammes; *a* ist gesundes Holz; *b* stark gebräuntes Holz, theils mit Mycel von Agaricus melleus und Xenodochus ligniperda und anderen Pilzen, theils mit brauner Flüssigkeit erfüllt; *c* Rand der inneren Höhlung des Stammes, aus mit brauner, jauchenartiger Flüssigkeit durchtränkten, blättrigen und zerfaserten Ueberbleibseln des Holzes bestehend, bei *d* ist in einem Spaltenraum das Mycel des Agaricus melleus in Form von Rhizomorpha subterranea hervorgewachsen.

Fig. 9. Fasern aus wurzelfaulem Kiefernholze, in welchem das Mycel eines Pyrenomyceten mit reichlicher Gemmenbildung (Willkomm's Xenodochus ligniperda, Rothfäuleschimmel) die Wandungen an vielen Punkten durchlöchert, die Tipfel aufgelöst hat (*c. d*). Bei *e* findet sich das ganz ähnlich gebildete Mycel mit pfriemenförmig zugespitzten, an der Spitze trichterförmig erweiterten Seitenhyphen, aus denen kleine Zellen (Spermatien?) austreten. Ueber den Entwicklungsgang dieses Pilzes und über dessen Stellung im System ist noch nichts Sicheres bekannt.

DIE WURZELFÄULE.

Eine in den Kiefernbeständen der norddeutschen Tiefebene ungemein häufig auftretende Krankheit wird bei oberflächlicher Betrachtung in der Regel nicht unterschieden von den durch Trametes radiciperda erzeugten Erscheinungen, indem sie ebenfalls die Entstehung kleinerer und grösserer Lücken und Blössen in den Beständen veranlasst, auch zuweilen gemeinsam mit dem bezeichneten Parasiten auftritt.

Diese als „Wurzelfäule" zu bezeichnende Krankheit wird durch folgende Symptome gekennzeichnet. Die von der Krankheit befallenen Bäume zeigen sehr oft nicht die geringste Veränderung in der Benadelung, fallen aber bei starkem Winde oder bei Schneeanhang um und erkennt man sodann, dass nur die in die Tiefe gehende Pfahlwurzel völlig abgefault ist, während die flache unter der Bodenoberfläche verlaufende Bewurzelung sich völlig gesund erhalten hat.

Die Krone des Baumes ist nicht erkrankt und wohl nur durch etwas kürzere Triebbildung der letzten Jahre ausgezeichnet. Die verfaulten Spitzen der Pfahlwurzel und der in die Tiefe gehenden Seitenwurzeln bleiben im Boden stecken und soweit sie mit herausgezogen werden, sind sie völlig zerfasert, hellgelbbraun, zeigen zuweilen stellenweise auch die eigenthümliche blaue Färbung, wie sie das abgestorbene Nadelholz, in welchem Sphaeria dryina vegetirt, besitzt. Es ist dies besonders da der Fall, wo stagnirendes Wasser in einer gewissen Bodentiefe auftritt. Näher dem Wurzelstock ist die Pfahlwurzel völlig verkient, so dass das Holz sich wie Speck schneiden lässt und durchscheinend wird.

In anderen Fällen bemerkt man die Erkrankung der Wurzel an dem Kümmern der Krone, an der Kürze der Triebe und der Nadeln. Rodet man solche Bäume aus, dann findet man, dass die Verharzung der an der Spitze abgefaulten Pfahlwurzel bis in den Wurzelstock hinaufgestiegen ist und dadurch die Säfteleitung aus den Seitenwurzeln in den Stamm selbst wesentlich beeinträchtigt wird; ja es kann vorkommen, dass sogar die Verharzung des Wurzelstockes die Saftzufuhr aus den Seitenwurzeln ganz verhindert und ein Vertrocknen des Baumes zur Folge hat. Im Allgemeinen gilt aber zur Charakteristik dieser Krankheit im Gegensatz zu der Wirksamkeit parasitischer unterirdischer Pilze, dass die erkrankten Bäume nicht vertrocknen, sondern nach dem Abfaulen der in die Tiefe gehenden Wurzeln lebend umfallen, dass die flachstreichenden Wurzeln gesund bleiben, dass keinerlei äusserlich erkennbare Mycelbildungen vorhanden sind.

In der Regel tritt diese Krankheit auf mit dem 20—30jährigen Alter, sie beginnt nicht an einem Punkte, von dem aus sie sich im Laufe der Jahre weiter verbreitet, sondern gleichzeitig über ganze Bestände oder grössere Plätze in den Beständen. Das Kümmern zeigt sich gleichmässig und gleichzeitig an allen Bäumen, das Umfallen erfolgt bald hier bald dort, bis ein allgemeines Lückigwerden des ganzen Bestandes, oder das Auftreten grösserer einzelner Lücken in dem übrigens gesunden Bestande als Folge der Krankheit sich ergiebt.

Ich habe eine grosse Anzahl solcher wurzelkranker Kiefernstangenorte untersucht, nach Rodung erkrankter Bäume Bodeneinschläge machen lassen und in allen von mir untersuchten Fällen hat sich ergeben, dass in einer gewissen Bodentiefe sich eine Schicht befand, die sich dadurch auszeichnete, dass sie den Luftwechsel zwar nicht völlig ausschloss, demselben aber in hohem Masse hinderlich war, dass sie ferner das Eindringen der Pfahlwurzel in der Jugend gestattet hatte, aber nach einem gewissen Alter des Bestandes den Tod dieser Wurzeln herbeiführte.

Wo eine die Wurzeln überhaupt nicht durchlassende Bodenschicht, z. B. fester Ortstein, sich findet, da tritt die Wurzelfäule nicht auf, vielmehr accommodiren sich von Jugend auf die Wurzeln den gegebenen Verhältnissen, biegen oberhalb jener Schicht in horizontale Richtung um und bleiben in der Folge lebend.

Die Thatsache, dass in allen untersuchten Fällen bei aller Verschiedenartigkeit der vorgefundenen Bodenschichten die Bewurzelung anfänglich in der Bodenschicht ernährt worden ist, in ihr sich kräftig entwickelt hat, spricht mit Entschiedenheit gegen die Annahme, dass das später eintretende Verfaulen der Wurzeln, soweit sie in der Schicht sich befinden, die Folge irgend einer dem Pflanzenwuchse an sich schädlichen Beschaffenheit des Bodens selbst ist, es müssen vielmehr Veränderungen sein, die erst in höherem Bestandesalter durch äussere Einflüsse in dieser Bodenschicht herbeigeführt werden.

Ich will zunächst die Beschaffenheit des Bodenuntergrundes beschreiben, wie ich sie in wurzelkranken Beständen aufgefunden habe.

Am häufigsten tritt die Krankheit da auf, wo ein schwerer thonreicher Lehmboden sich findet. In Pommern und in der Mark findet sich der Lehmboden sehr oft über grössere Flächen verbreitet oder nesterweise mitten in tiefgründigem Sandboden auftretend. Vergleichende Bodeneinschläge zeigen dann, dass die Wurzelfäule genau so weit sich erstreckt, wie der Lehmboden reicht, während auf dem tiefgründigen Sandboden die Bewurzelung völlig gesund ist. Meist ist der Lehmboden mit Laubholz bestanden, oft aber und zwar besonders da, wo derselbe von einer Sandschicht überlagert ist, hat die Kiefer die Buche und Eiche verdrängt, es stocken Kiefernbestände auf Laubholzboden, wo alte Eichen- und Buchenüberhälter noch die früheren Zustände der Bewaldung verrathen. Je mehr Sand den Lehm überlagert, um so ungefährlicher wird derselbe für die Kiefer, doch habe ich noch an sehr alten 100jährigen Kiefern, die vom Sturme geworfen waren, beobachtet, dass der in 1 m Tiefe beginnende Lehm das Abfaulen der in denselben eingedrungenen Pfahlwurzel zur Folge gehabt hatte. Ich will noch bemerken, dass dieser Lehm auch im frischen Zustande eine Festigkeit besitzt, dass derselbe nur mit der Spitzhacke, nicht aber mit dem Spaten bearbeitet werden konnte.

Dieselbe Wirkung, wie der thonreiche Lehm übt ein sehr oft auftretender, äusserst feinkörniger Sand auf die Gesundheit der Wurzeln aus. Man kann diesen Sand passend mit dem Ausdruck „Quarzmehl" bezeichnen, da er zwischen den Fingern gerieben fast ebenso sich verhält, wie Mehl. Die Farbe ist entweder weiss oder gelblich, und der Zusammenhang, die Dichtigkeit des Bodens so gross, dass nur mit der Spitzhacke eine Bearbeitung desselben möglich ist. Hier und da geht er unter dem Namen „Flottlehm", ist aber im Gegensatz zum Lehm durch geringen Gehalt an Thon ausgezeichnet. Dieses Quarzmehl habe ich nicht allein sehr oft im Diluvium der Mark gefunden, sondern auch am Westrande des Harzes im Gittelder Revier über Muschelkalk nahe der Grenze des bunten Sandsteins lagernd und so dicht und undurchlässig, dass der Boden wie ein gesättigter Thonboden dem Eindringen des Wassers grossen Widerstand leistete. In den obersten Schichten ist wohl unter der Einwirkung der Vegetation eine Lockerung dieses festen Bodens eingetreten, doch oft schon in 0,3 m Tiefe wird er nur noch für die Spitzhacke bearbeitbar. Trotzdem dringen die Pfahlwurzeln und viele feine Wurzeln in diese Schicht ein, um später darin abzusterben.

Wiederum dieselbe Krankheit traf ich an auf einer kleinen Fläche nahe dem Kloster Chorin, woselbst unter einer 0,6 m hohen lockeren Sandschicht sich eine etwa handhohe Schicht von Bauschutt vorfand, unter der dann lockerer humoser Sandboden folgte. Es hatte hier in früheren Jahrhunderten ein Gebäude gestanden, die aus verdichtetem Bauschutt bestehende, später durch lockeren Boden überlagerte dünne Schicht war die Veranlassung der Wurzelfäule geworden.

An mehreren mitten im schönsten Bestande auftretenden wurzelfaulen Stellen der hiesigen Institutsforste fand ich bei der Bodenuntersuchung ein Lager von grossen Granitfindlingen, ein dichtes Steinlager, zwischen dessen Fugen die Pfahlwurzeln sich eingedrängt hatten und nachträglich verfault waren. Ich

bemerke, dass selbstredend in allen Fällen vergleichsweise auch Bodeneinschläge in dem gesunden Theile der Bestände angefertigt wurden und dass sich dort jene dem Luftwechsel ungünstige Schicht nicht vorfand. Insbesondere habe ich eine Reihe von Untersuchungen in erkrankten Kiefernstangenorten ausgeführt, die auf früherem Ackerlande angelegt waren. Ich fand daselbst immer in einer Tiefe von 0,5—0,7 m eine feste, aus thonreichem Lehm oder Quarzmehl bestehende Schicht, die vom Pfluge nicht erreicht worden war und deren Festigkeit wohl noch durch die aus der gelockerten Ackerkrume ausgeschlämmten feinsten Thontheilchen vergrössert worden war. Es liegt nahe, anzunehmen, dass die Undurchlässigkeit dieser Ackersohle früher der Grund gewesen ist, dessentwegen der Boden wieder der Waldcultur überwiesen wurde, dass es nicht, wie vielfach angenommen wird, die frühere Benutzung und Ausraubung durch die Ackercultur an sich ist, die nach anfänglich kräftigem Wuchse das plötzliche Kümmern und die Wurzelfäule der Bäume hervorruft.

Die Thatsache, dass die Wurzelfäule nur die in die Tiefe gedrungenen Wurzeln befällt, dass die Krankheit erst längere Zeit nach Eintritt des Bestandesschlusses, im 20.—30. Jahre beginnt; dass in allen untersuchten Fällen in der Tiefe sich Bodenverhältnisse vorfanden, welche dem Luftwechsel ungünstig genannt werden müssen, welche aber in den ersten 10—20 Jahren ohne die geringste Benachtheiligung das Wachsthum und Eindringen der Wurzeln gestatteten; dass ferner die fragliche Bodenschicht bei grosser Verschiedenheit in Bezug auf ihre mineralogischen Bestandtheile an sich keinen nachtheiligen Einfluss ausübt, was ja aus dem kräftigen Gedeihen der Wurzeln in den ersten 10—20 Jahren zu folgern ist; alle diese Umstände haben mich zur Aufstellung nachstehender Hypothese geführt.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass die Bewurzelung der Pflanzen zur Vermittelung der Processe des Stoffwechsels ebenso des Sauerstoffs bedarf, wie die Belaubung des oberirdischen Pflanzentheiles, dass der Sauerstoff direct der Bodenluft entnommen wird und ein völliger oder schon theilweiser Ausschluss der atmosphärischen Luft aus dem Boden und aus der Umgebung der Wurzeln sehr nachtheilig, ja selbst tödtend auf dieselben einzuwirken vermag. Die alltäglichen Beobachtungen haben bereits seit langer Zeit zur Erkenntniss dieser Thatsache geführt und benutzt man desshalb in der Blumenzucht keine porzellanen oder glasirten Blumentöpfe, da diese die Durchlüftung der Erde im Topfe beeinträchtigen, sondern unglasirte irdene Töpfe; sorgt für genügenden Wasserabzug nach unten, damit nicht stagnirende Nässe in gleicher Weise nachtheilig werde.

Das Verfaulen der Wurzeln in einem Blumentopfe, in welchem nicht für genügenden Luftzutritt gesorgt ist, ist eine bekannte Erscheinung, wenn ich auch nicht läugnen will, dass Unregelmässigkeit im Begiessen das Vertrocknen und spätere Verfaulen der Wurzeln oft herbeiführt.

Die wohlthätigen Folgen einer Durchlüftung des Bodens ist jedem Forstmann bekannt und zielen mancherlei Culturmassregeln auf Erreichung dieses Zweckes hin. Bestehen die wohlthätigen Folgen der Bodenlockerung, Entwässerung bei stagnirender Nässe u. s. w. auch zum Theil darin, dass dadurch der Verwitterungsprocess, die Aufschliessung der mineralischen Nährstoffe und die Zersetzung der organischen Bestandtheile im Boden befördert wird, so wird doch andererseits der wohlthätige Einfluss auf das Gedeihen der Pflanzen auch der directen Einwirkung des Sauerstoffs der Luft auf die Wurzeln zugeschrieben werden müssen.

Besitzt nun ein Boden die Eigenschaft, dass er dem Luftwechsel an sich nicht sehr günstig ist, so kann derselbe doch, so lange er frei der Sonne exponirt ist, so lange er noch von keiner schützenden Humus-, Nadel- resp. Moosschicht bedeckt ist, dem Pflanzenwuchs eine völlig genügende Entwicklung ermöglichen. Es dringen die Wurzeln in der Jugend in die Tiefe, wachsen eine Reihe von Jahren ganz vortrefflich, bis die Verhältnisse eintreten, die ich gleich näher darstellen will.

Die Luftbewegung resp. Luftveränderung im Boden, soweit sie nicht durch Wasserbewegung theilweise vermittelt wird, beruht einestheils auf der durch Temperaturschwankungen hervorgerufenen abwechselnden Ausdehnung und Zusammenziehung der Bodenluft, andererseits auf Diffusion bei Eintritt von Veränderungen in der Zusammensetzung der einzelnen Bestandtheile der Luft.

Die Erwärmung der oberen Bodenschicht hängt bekanntlich fast nur von der grösseren oder geringeren Einwirkung der Sonnenwärme auf dieselbe ab. Die innere Erdwärme und chemische Processe bei der Zersetzung der organischen Bestandtheile sind so geringer Wirkung, dass sie ausser Betracht bleiben können. Bei gleicher geographischer Lage und gleicher Exposition wird die Erwärmung bedingt durch die physikalischen Eigenschaften des Bodens, durch den Schutz desselben gegen die direkte Insolation, gegen

unmittelbare Einwirkung des Windes, gegen zu starke Wärmeausstrahlung u. s. w., wie dieses einestheils gewährt wird durch das Kronendach eines Waldbestandes, anderntheils durch eine Humus- resp. Laub-, Moos- oder Nadeldecke.

Zu den physikalischen Eigenschaften von massgebender Bedeutung gehört die Absorbtionsfähigkeit und das Ausstrahlungsvermögen der Bodenoberfläche, die Wärmecapacität und die Leitungsfähigkeit des Bodens.

Je grösser die Wärmecapacität, die sogen. specifische Wärme ist, die ein Boden besitzt, um so mehr Wärme also nothwendig ist, denselben eine gewisse Temperatur erreichen zu lassen, um so langsamer wird sich derselbe erwärmen, je geringer die Wärmekapazität ist, um so schneller wird derselbe warm werden. Es ist bekannt, dass das Wasser unter allen Bestandtheilen des Bodens die höchste specifische Wärme besitzt, dass zur Erwärmung desselben auf eine gewisse Temperatur, z. B. das vierfache Wärmequantum nöthig ist, als zur Erwärmung der mineralischen Bodenbestandtheile. Die specifische Wärme des Torfes und des Humus beträgt dagegen etwa das Doppelte von dem der erdigen Bestandtheile und geht schon daraus hervor, dass ein von reicher Humusdecke bekleideter Boden weit schwerer warm werden wird, als das nackte Erdreich, dass ein nasser oder feuchter Boden weit kälter sein wird, als ein trockner Boden unter gleicher Einwirkung der Sonnenwärme. Die Wärmeleitung im Boden ist eine sehr langsame, zumal besonders das Wasser und die Luft zu den schlechten Wärmeleitern gehören, es dringt desshalb die Wärme so langsam und in Folge der steten Wärmeausstrahlung des Bodens in so stark abnehmendem Grade in den Boden ein, dass, wie Ebermayer in seinem ausgezeichneten Werke: „Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden“ nachgewiesen hat, schon in einer Bodentiefe von 0,66 m die täglichen Schwankungen der Lufttemperatur kaum mehr wahrnehmbar sind. Was die Abkühlung des Bodens betrifft, so ist bekannt, dass dieselbe durch Wärmeausstrahlung erfolgt und dass nach dem Aufhören der Bestrahlung des Nachts der Boden um so schneller sich erkältet, je ungehinderter die Ausstrahlung stattfinden kann, je geringer anderentheils die specifische Wärme des Bodens ist.

Leider fehlt es noch meines Wissens vollständig an wissenschaftlichen Untersuchungen über den Einfluss, den unter übrigens gleichen Verhältnissen die Bodenbeschaffenheit auf den täglichen und jährlichen Temperaturwechsel des Bodens ausübt. Alle Untersuchungen Ebermayer's und der später begründeten preussischen meteorologischen Versuchsstationen über die Veränderungen der Bodentemperatur lassen diese Frage unberührt und ermitteln nur den Unterschied zwischen der Bodentemperatur im Walde und im Felde. Sollten bei den beiden zum Vergleich einander gegenübergestellten Wald- und Feldstationen erhebliche Verschiedenheiten im Bestande des Bodens stattfinden, so erhellt, dass die gewonnenen Resultate nicht lediglich dem Einflusse des Waldes zugeschrieben werden dürfen.

Der Einfluss, welchen der Wald auf die Veränderungen der Bodentemperatur ausübt, ist keineswegs gering und von Ebermayer in dessen bezeichnetem Werke dahin festgestellt, dass die Extreme durch ihn abgestumpft werden, dass zwar im Winter die Abkühlung im Walde fast ebenso gross ist als im Felde, dass aber im Sommer die Erwärmung des Waldbodens bei weitem nicht die Höhe erreicht, wie die des Ackerbodens.

Nachstehend gebe ich die Differenzen zwischen Temperatur-Maximum und Minimum während des Jahres 1876, wie solche im Durchschnitt der 11 Wald- und 11 Feldstationen in Preussen und den Reichslanden sich ergeben haben.

	im Freien	im Walde.
In der Bodenoberfläche	31,5° C.	24° C.
bei 0,15 m Tiefe	24,8	19,7
- 0,3 - -	22,5	18,0
- 0,6 - -	18	14,1
- 0,9 - -	15	11,7
- 1,2 - -	13,3	10.

Während die täglichen Temperaturschwankungen schon in einer Bodentiefe von 0,66 m kaum mehr nachweisbar sind, differirt die höchste und niedrigste Temperatur im Laufe des Jahres noch in einer Bodentiefe von 1,2 m um 13,3° C. im Freien, um 10° C. im Walde. Der abschwächende Einfluss des Waldes erhellt

wiederum aus dem Vergleiche der letzten Zahlen. Unter normalen Verhältnissen wird auch im Walde der jährliche Temperaturwechsel ausreichend sein, bis zu einer Bodentiefe von 1 m und darüber einen Luftwechsel zu vermitteln, der die Existenz der Wurzeln nicht gefährdet. Liegen aber Bodenverhältnisse vor, die an sich dem Luftwechsel hinderlich sind, dann muss der Einfluss des Waldes und der Bodendecke auf den Luftwechsel in grösserer Bodentiefe für die Bewurzelung gefährlich werden.

Ein zweites Bewegungsmoment der Bodenluft ist die Diffusion, welche eintritt, wenn Veränderungen im Mischungsverhältniss der einzelnen Bestandtheile der Luft eintreten. Ebermayer hat in einem in München auf der Naturforscher-Versammlung gehaltenen Vortrage über den Kohlensäuregehalt eines bewaldeten und nicht bewaldeten Bodens nachgewiesen, dass die Verbreitung resp. Bewegung der Kohlensäure im Boden sehr langsam stattzufinden scheint, da an zwei ganz nahe gelegenen Orten der Kohlensäuregehalt sehr verschieden sein kann. Man darf hieraus entnehmen, dass überhaupt die Gasdiffusion im Boden sehr langsam von Statten geht. Wird in grösserer Bodentiefe der Luft Sauerstoff durch die Wurzeln entzogen, dann wird eine energische Diffusion des Sauerstoffes nach unten eintreten, wenn in den oberen Bodenschichten die Luft erheblich reicher an Sauerstoff ist, als in den unteren. Dieser Diffusionsprocess wird einen Ersatz des verbrauchten Sauerstoffs in der Bodentiefe vermitteln, so lange die oberen Bodenschichten nicht von einer Humusdecke bekleidet sind, in welcher der Luft behufs Zersetzung des Humus zu Kohlensäure und Wasser selbst viel Sauerstoff entzogen wird, so lange andererseits der Mangel eines schützenden Bestandes einen täglichen Luftwechsel in Folge energischer Athmung in den oberen Bodenschichten vermittelt.

Da die Gasdiffusion in den Capillaren des Bodens nur dann erfolgreich stattfinden kann, wenn dieselben nicht mit Wasser angefüllt sind, so fördert auch das auf nacktem Boden häufiger eintretende, wenn auch nur theilweise Austrocknen des Bodens den Process der Luftveränderung durch Diffusion, ja das in den ausgetrockneten Boden eindringende Wasser zieht erhebliche Mengen sauerstoffreicher Luft mit in die Tiefe. Alle diese Verhältnisse haben zur Folge, dass, solange der Bestand noch jung ist und den Boden nicht völlig gegen die Sonne schützt, auch die Wärmeausstrahlung noch nicht in grösserem Masse hemmt, so lange ferner eine Humus- und Nadel- oder Moosdecke das periodische Austrocknen des Bodens nicht hindert, den täglichen Athmungsprocess nicht beeinträchtigt, die auch in die feste tieferliegende Bodenschicht eindringenden Wurzeln die Bedingungen ihres Gedeihens dort finden. Sobald nun aber der Bestand herangewachsen ist, das im Sommer und Winter vorhandene dichte Nadelkronendach die Sonne vom Boden zurückhält, die Wärmeausstrahlung vermindert, sobald eine dichte Humus- und Nadel- resp. Moosschicht den Boden bedeckt, ändern sich die Processe des Luftwechsels im Boden, der Luftwechsel wird bedeutend gegen früher verringert. In lockerem Boden bei nicht stagnirender Nässe wird auch im dicht geschlossenen Bestande und in grösserer Bodentiefe der Luftwechsel noch genügend lebhaft bleiben, er bleibt es auch in den oberen Bodenschichten solcher Oertlichkeiten, in denen die Wurzelfäule auftritt und sehen wir desshalb das flachstreichende Wurzelsystem sich gesund erhalten. In grösserer Tiefe aber tritt unter den oben bezeichneten Bodenverhältnissen eine Stagnation der Luftbewegung ein, so dass nach kürzerer oder längerer Zeit die in ihr vegetirenden Wurzeln absterben, gewissermassen ersticken müssen. Der den Wurzeln zunächst befindlichen spärlichen Luftmenge des festen Bodens wird im Laufe der Jahre soviel Sauerstoff entzogen, dass ein Mangel daran eintreten muss; der Ersatz von oben ist zu gering, zu langsam, da einestheils die Temperaturschwankungen sich vermindert haben, anderentheils die Gasdiffusion in dem festen Boden, der unter der schützenden Humusdecke und dem schützenden Kronendache eine stetige Feuchtigkeit sich bewahrt, äusserst verlangsamt wird. Tritt reicher Humusgehalt des Bodens hinzu und stagnirende Nässe, dann kommt noch der weitere störende Factor in Betracht, dass durch den Zersetzungsprocess der Humussubstanzen dem Bodenwasser ebenfalls viel Sauerstoff entzogen wird, mithin auch das Wasser keinen Ersatz für den Verlust in der Bodentiefe zu bieten vermag, es ist auch in Frage zu ziehen, ob und in welchem Masse jene löslichen Humussubstanzen, die unter dem gemeinsamen Namen der Humussäuren zusammengefasst werden, den Wurzeln der Kiefer und Fichte unmittelbar nachtheilig zu werden vermögen.

Ich verkenne nun keinen Augenblick, dass alles das, was ich vorstehend zur Erklärung der Wurzelfäule angeführt habe, wohl möglich und auch wahrscheinlich, dass aber nichts hiervon bisher von mir bewiesen ist. Es ist nichts weiter, wie eine auf indirecten Beweisen, auf Indicien begründete Hypothese, die mir

nur dadurch zur grossen Wahrscheinlichkeit wird, dass ich unter etwa 30 von mir untersuchten Beständen trotz grösster Verschiedenartigkeit der Verhältnisse doch nicht einen Bestand fand, in welchem nicht jene Hypothese des Luftabschlusses aus grösserer Bodentiefe eine Bestätigung gefunden hätte.

So wünschenswerth es auch sein würde, durch eine chemische Analyse der Luft aus jener festen Bodenschicht sich Aufschluss zu verschaffen über das Verhältniss des Sauerstoffs zum Stickstoff, so stehen wir doch gerade hier vor einer kaum überwindlichen Schwierigkeit. Jene Bodenschicht ist charakterisirt durch ihre Dichtigkeit, durch ihre geringe Beimischung an Luft, durch die äusserst geringe Beweglichkeit der Luft im Inneren dieser Schicht. Wie will man aus derselben, selbst bei Anwendung noch so kräftig wirkender Aspiratoren, ein Luftquantum gewinnen, das hinreichend wäre zur chemischen Gasanalyse, das absolut rein, d. h. nicht mit anderer Luft des Erdbohrers oder der oberen Bodenschichten vermischt ist. Ich habe mir einen Erdbohrer construirt, mit dem ich auch in den festen Untergrund einzudringen vermochte, ich habe es aber nicht zu verhindern vermocht, dass, wenn ich den Aspirator wirken liess, Luft aus den lockeren oberen Bodenschichten zwischen Bohrer und Bohrlochwandung herab und in das poröse untere Ende des Erdbohrers einströmte. Vielleicht gelingt es einem Anderen, vielleicht mir selbst später einmal, diese Schwierigkeit zu überwinden; zur Zeit haben wir es nur mit einer unbewiesenen, aber die vorliegenden Erscheinungen befriedigend erklärenden Hypothese zu thun.

Ich hatte bereits Seite 75 angeführt, dass bei der Kiefer die Pfahlwurzel und die in die feste Bodenschicht etwa eingedrungenen Seitenwurzeln abfaulen, völlig zerfasern und dann verschiedene saprophytische Pilze zeigen, unter ihnen auch jenen Pilz, der von Willkomm Xenodochus ligniperda benannt ist. Ich habe solch wurzelfaules Holz mit diesem Saprophyten (Taf. XI Fig. 9) dargestellt, bemerke aber ausdrücklich, dass dieser Saprophyt sehr oft in solchem Holze fehlt, mithin nicht als Ursache der Wurzelfäule bezeichnet werden kann.

Das mit dem unteren Stammende, dem Wurzelstocke, in Verbindung stehende obere Ende der Pfahlwurzel verharzt in der Regel und hat zur Folge, dass die Fäulniss nicht höher im Stamme emporsteigt. Da aber die Kiefer wesentlich durch ihre stark entwickelte Pfahlwurzel im Boden Nahrung und festen Halt findet, so hat die Krankheit so oft und in so grosser Ausdehnung einestheils das Kümmern, im trockenen Sommer selbst das Vertrocknen der Bäume, andererseits das Umfallen derselben ohne bedeutenden Sturm oder Schneedruck zur Folge.

Die Fichte ist schon durch ihr flach streichendes Wurzelsystem gegen die Wurzelfäule geschützt, doch leidet auch sie von dieser Krankheit unter gleichen Bodenverhältnissen, wenn auch in weit geringerem Grade. Es faulen nämlich nur die wenigen, meist nicht einmal sehr prävalirenden in die Tiefe gehenden Wurzeln derselben ab und zeigen nun dieselben Erscheinungen, wie wir sie bei der Wundfäule, wenn solche von Wurzelverwundungen ausgeht, kennen gelernt haben. Auf Stockhöhe sieht man im Kern oder doch meist nahe der Mitte einen oder einige schwarzbraune Flecke, die aber nicht sehr hoch im Baume emporzusteigen pflegen.

Der Zuwachs des Baumes kann durch den Verlust einzelner Wurzeln wohl etwas beeinträchtigt werden, doch dürfte meist durch gesteigerte Entwicklung der Seitenwurzeln dieser Verlust wieder ersetzt werden. Vielleicht beruht jene häufig zu beobachtende Anschwellung des unteren Stammendes, welche vielfach als Vorbote der Wurzelfäule (Rothfäule) betrachtet wird, darauf, dass nach dem Verlust eines Theiles der Wurzeln der im Bastkörper abwärts wandernde Bildungssaft, der zum Wachsthum der Wurzeln dienen sollte, theilweise im unteren Stammende verbraucht wird und hier eine locale Zuwachssteigerung veranlasst, da der Uebergang des Bildungssaftes aus dem Stamme in die Wurzeln selbstredend verlangsamt werden muss, wenn letztere zum Theil getödtet sind. Ich habe in einigen Fichtenbeständen, in denen die Wurzelfäule ziemlich erheblich auftrat, wahrgenommen, dass Sturm und Schneebruch erheblichen Schaden angerichtet hatten und dürfte das Abfaulen der in die Tiefe gegangenen Wurzeln hieran wohl die Schuld tragen. Es tritt nun die Frage an uns heran, welche forstliche Massregeln zu ergreifen sind, um dieser besonders in Kiefernbeständen so nachtheiligen Krankheit entgegenzutreten. Ist meine Hypothese richtig, dann wird einerseits dahin zu streben sein, möglichst für Bodendurchlüftung zu sorgen, auch andererseits auf solchen Böden Holzarten zu erziehen, die der Krankheit nicht oder doch weniger unterworfen sind.

Ob die Laubhölzer unter Umständen derselben Krankheit ausgesetzt sind, weiss ich nicht, jedenfalls kann sie nicht von der Bedeutung bei ihnen sein, wie bei der Kiefer, da sie mir in Laubholzbeständen noch nicht aufgefallen ist. Die Laubhölzer besitzen aber schon ein natürliches Schutzmittel gegen die Krankheit durch ihren laublosen Zustand während der Monate vom 1. November bis 1. Mai, also während durchschnittlich der Hälfte des Jahres. In den kalten Wintermonaten kühlt sich im Laubwalde der Boden mehr aus, wie im dicht geschlossenen Fichten- oder Kiefernstangenorte, während in den Monaten April und Anfang Mai die directe Insolation den Boden erwärmt und mit dem Temperaturwechsel auch einen tiefergehenden Luftwechsel herbeiführt. Die Thatsache steht fest, dass gerade diejenigen Kiefernböden, die am meisten die Wurzelfäule zeigen, nämlich die Lehmböden, in früheren Zeiten meist Laubholz getragen haben und auch, wenn möglich in der Folge der Laubholzerziehung wieder zugewiesen werden sollten.

Wo nun Bodenverhältnisse vorliegen, die dies nicht möglich oder rathsam erscheinen lassen, da wird schon viel gewonnen werden, wenn man eine Mischung der Kiefer mit Laubholz zu erreichen sucht, eine Massregel, die ja auch nach anderer Richtung hin so sehr empfehlenswerth ist. Ist auch das Laubholz (Buche oder Hainbuche) nur unterständig, so wirkt dasselbe durch die Verbesserung des Bodens, zumal im höheren Alter der Bestände, in dem die Kiefer sich licht stellt, so äusserst wohlthätig, dass selbst die Rücksicht auf Wurzelparasiten, auf Insecten u. s. w. nicht hinzuzukommen braucht, um diese Mischung vortheilhaft erscheinen zu lassen. Leider verschwindet mit dem kahlen Abtriebe der schönen Mischbestände von Kiefer und Buche die letztere vollständig, da mit dem Austrocknen des Bodens der Kahlhiebsfläche die flachliegende Bewurzelung des Laubholzes so leidet, dass die anfänglich ausschlagenden Stöcke nach wenigen Jahren absterben. Nur eine Vorverjüngung der Buche in solchen Beständen ist im Stande, wieder Mischbestände heranzuziehen. Diese haben dann auch auf solchen zur Wurzelfäule inclinirenden Böden den Vortheil, dass einestheils die laublosen Kronen der Buchen Temperatur- und Luftwechsel im Boden soweit befördern, dass die Krankheit vermieden wird, anderntheils beim etwaigen Eintritt dieser Krankheit keine Blössen entstehen, sondern das Laubholz an Stelle der Kiefer eintritt.

Wo das Laubholz aus dem einen oder anderen Grunde ausgeschlossen ist, wird oft noch die Fichte bessere Erfolge versprechen, da ihr flachstreichendes Wurzelsystem sie weit mehr gegen die Krankheit schützt, als die Kiefer.

Bodendurchlüftung erreichen wir, wie eben gesagt, durch Erziehung von Laubholz oder mit Laubholz gemischter Bestände. Es ist eine mir mehrfach von Forstleuten bestätigte Thatsache, dass einzelne eingesprengte Fichten oder Kiefern der Krankheit auch auf solchen Böden nie erliegen, auf denen unmittelbar daneben im reinen Nadelholzbestande die Krankheit in hohem Grade auftritt.

Unter gewissen Bodenverhältnissen wird eine Entwässerung, und zwar insbesondere bei stagnirender Nässe, von sehr günstigem Erfolge sein, da hierdurch der Luft der Zutritt zum Boden wesentlich erleichtert wird.

Recht oft werden wir allerdings nichts gegen die Krankheit unternehmen können, da tiefgehende Bodenlockerungen, mögen sie der einen oder anderen Art sein, wohl immer so theuer sind, dass im Grossen die Ausführung nicht möglich ist. Erwähnen will ich nur noch, dass ein geregelter Durchforstungsbetrieb, zumal im jüngeren Bestandesalter nicht ohne Wirkung auf Bodendurchlüftung ist. Schliesslich mache ich darauf aufmerksam, dass es nicht uninteressant ist, nachdem wir insbesondere die Wundfäule und Wurzelfäule besprochen haben, einen Blick auf Seite 3 u. 4 zu werfen und alle jene scheinbar einander so widersprechenden Angaben zu prüfen, die in der Literatur als Ursachen der sogenannten Rothfäule aufgeführt sind. Bei aufmerksamem Vergleiche derselben mit den Ergebnissen meiner Untersuchungen wird man finden, dass jene Angaben zum grossen Theil nicht so absurd sind, wie sie auf den ersten Blick erscheinen, dass sie zwar keine Erklärung der eigentlichen Ursachen enthalten, wohl aber sehr zutreffende Angaben der äusseren Umstände, unter denen die eine oder andere der von mir unterschiedenen Krankheiten auftritt.

Rückblick auf die Ergebnisse der vorstehenden Untersuchungen.

Bei der nachfolgenden kurzen Zusammenstellung der hauptsächlichsten Resultate meiner Arbeiten will ich es versuchen, dieselben von einem dreifach verschiedenen Standpunkte aus ins Auge zu fassen und zwar vom forstlichen, botanischen und chemischen Standpunkte. Eine scharfe Trennung der Materie in einen nur forstlich oder botanisch oder chemisch wichtigen Theil ist selbstredend nicht durchführbar, da ein volles Verständniss der Processe, um die es sich handelt, eine allseitige Kenntniss derselben erfordert, immerhin dürfte der Ueberblick über die Ergebnisse der Arbeiten durch eine Betrachtung von den bezeichneten drei Gesichtspunkten aus wesentlich erleichtert werden.

Ergebnisse von vorwiegend forstlichem Interesse.

Es gab eine Zeit, in welcher der Forstmann eine in seinen Waldungen ausgebrochene Insectencalamität nicht genauer zu bezeichnen wusste, als unter der Benennung „Käferfrass", „Raupenfrass" oder wohl selbst unter der Benennung des „fliegenden Wurmes".

Für die Beschädigungen der Waldbäume durch Insecten war der hierdurch gekennzeichnete Standpunkt der Wissenschaft jedenfalls ein weit höherer, wie der Standpunkt, den die Wissenschaft noch heute ganz allgemein einnimmt in Betreff der meisten Krankheiten der Bäume, insbesondere der Krankheiten des Holzkörpers. Mit dem Worte „Rothfäule" oder „Weissfäule" glaubt man noch heute in befriedigendster Weise eine Krankheit bezeichnet zu haben, ohne sich völlig klar darüber zu sein, dass mit dem Worte weniger gesagt ist, als etwa in dem Worte „Insectenfrass" liegt, in welchem doch im Allgemeinen das Ursächliche bei der Calamität angedeutet wurde.

Das Wort „Rothfäule" ist die Bezeichnung für unendlich verschiedenartige Erscheinungen und besitzt nicht den geringsten Werth. Der Forstwirth muss diese Bezeichnungen, wie sie theils nach der Färbung des Holzes, theils nach dem Orte des Auftretens der Zersetzung im Gebrauche sind, mehr oder weniger ganz fallen lassen und gerade wie bei den Insectenschäden dann den Erzeuger der Zersetzung des Holzes nennen, wenn dieselbe durch einen parasitischen Pilz hervorgerufen worden ist. Ich habe desshalb bei den durch Parasiten erzeugten Zersetzungsprocessen nur den Namen des Parasiten vorangestellt. Sind Parasiten nicht dabei im Spiele, dann mögen die Bezeichnungen Wundfäule, Wurzelfäule für hinsichtlich ihrer Ursachen ganz bestimmte Processe Platz finden.

Bei der Leichtigkeit, mit der man sich von dem Charakter eines Zersetzungsprocesses des Holzes sofort auf den ersten Blick überzeugen kann, ist in der That nicht einzusehen, wesshalb nicht jedesmal in der Bezeichnung der Krankheit der correcte Ausdruck für die Ursache derselben liegen soll.

An lebenden Nadelholzbäumen sind von mir sieben durch Parasiten erzeugte Zersetzungsprocesse, ferner die Wund- und die Wurzelfäule untersucht und beschrieben worden.

Die durch Parasiten erzeugten Zersetzungsprocesse sind die weitaus gefährlichsten und am meisten verbreiteten. Die Gefährlichkeit liegt besonders in der schnellen Ausbreitung der Zersetzung im Inneren des Baumes von dem Orte der Infection aus. Von der Stelle aus, wo die Mycelfäden des Parasiten in den Holzkörper eingedrungen sind, mag dies an der Wurzel oder an einer Wunde des oberirdischen Stammes stattgefunden haben, verbreiten sich die Pilzfäden schnell nach allen Richtungen, besonders gern in der Längsrichtung des Stammes, sie tödten einestheils die mit Zellschlauch versehenen parenchymatischen Zellen, durchbohren anderentheils die Wandungen der Holzfasern, verändern dieselben in ihrer chemischen Zusammensetzung, indem sie sich von der Zellwandsubstanz ernähren. Die Durchlöcherung der Wandungen, die chemische Veränderung und allmälige Auflösung derselben veranlasst jene Veränderungen des Holzkörpers, die in ihrer Mannigfaltigkeit bekannt und insbesondere auf den Tafeln dargestellt sind. Jeder der aufgeführten Parasiten ist durch eine ihm eigenthümliche Lebensweise ausgezeichnet, die sich insbesondere auch erkennen lässt an der höchst auffälligen, aber für jede Pilzspecies durchaus charakterischen Zersetzungsart des Holzes. Ohne auf die Einzelheiten hier einzugehen, will ich nur anführen, dass sämmt-

liche von mir bisher untersuchten Holzparasiten zu den Hymenomyceten gehören und ihre Fruchtträger entweder äusserlich am Stamme und zwar an Aststellen und Wundflächen oder aus unverletzter Rinde entwickeln oder dieselben unterirdisch an den Wurzeln tragen.

Der Angriff der Parasiten erfolgt entweder nur durch dessen Sporen oder auch durch Mycelinfection der Wurzeln, er findet entweder nur an oberirdischen Wundflächen oder nur an den Wurzeln statt, mit Ausnahme zweier Parasiten (Polyporus vaporarius und Polyporus mollis), die sowohl oberirdisch als unter der Erde angreifen können.

Diejenigen Parasiten, die oberirdisch angreifen und zwar durch Anfliegen von keimfähigen Sporen an Wundflächen (Astwunden oder Schälstellen des Wildes oder Krebsstellen u. dgl.), sind:

1. Trametes Pini für Kiefer, Lärche, Fichte und Tanne.

In Folge des zerstörenden Einflusses des Mycels erhält das Holz zunächst eine röthlich-braune Farbe, es entstehen alsdann regellos, aber oft in einigen Jahresringen besonders hervortretend, zahlreiche Löcher, die bei Fichte und Lärche stets schön weiss ausgekleidet sind.

2. Polyporus fulvus tritt in Weisstanne auf, greift besonders gern an Krebsstellen an, erzeugt eine Art Weissfäule, indem das Holz gelb und mürbe wird, auf schmutzig-gelbem Grunde zahlreiche weisse Längsstrichelchen erkennen lässt.

3. Polyporus borealis an Fichten, erzeugt eine Zersetzung des Holzes, bei welcher auf gelblichem Grunde zahlreiche horizontale Fugen in jedem Jahresringe in gleichen Abständen übereinander entstehen, so dass das Holz Aehnlichkeit mit gewissen Formen des Schriftgranites erhält.

4. Polyporus vaporarius greift Fichte und Kiefer an und zwar nicht nur an Wunden oberirdisch, sondern wohl noch häufiger durch Mycelinfection an den Wurzeln, indem eigenthümliche weisse Mycelstränge, ähnlich denen des Merulius lacrymans aus dem Holze hervortreten. Die Zersetzungsform ist sehr ähnlich der durch den Hausschwamm erzeugten. Das Holz wird dunkelrothbraun, erhält zahlreiche Risse und Spalten, wodurch dasselbe in mehr oder weniger rechtwinklige Stücke zerfällt. Zwischen den Fingern zerdrückt, zerfällt es in feinstes Mehl.

5. Polyporus mollis an Kiefer, veranlasst einen dem vorigen sehr ähnlichen Zersetzungszustand, der sich aber durch intensiven, terpentinartigen Geruch sofort kennzeichnet.

An den Wurzeln greifen an, einerseits durch Sporenkeimung, andererseits durch Eindringen von Mycelbildungen:

6. Trametes radiciperda bei Fichte, Kiefer, Weymouthskiefer, Wachholder; sie ist als der gefährlichste Parasit dieser Holzarten zu bezeichnen. Die Sporeninfection ist im Allgemeinen seltener, als die Mycelinfection, die dadurch vermittelt wird, dass das in und auf den Wurzeln vegetirende Mycel die Wurzeln gesunder Nachbarbäume inficirt, wenn diese mit den Wurzeln des getödteten Baumes in Berührung stehen. Die von den Wurzeln im Baume aufsteigende Zersetzung hat bei der Fichte zunächst eine violette, sodann eine hell gelb-braune Färbung des Holzes zur Folge. Zahlreiche schwarze Punkte, die sich mit einer weissen Zone umgeben, späterhin ebenfalls weiss werden, sind bezeichnend für diesen Parasiten. Bei Pinus Strobus wird das Holz zunächst fleischroth und dann gleichmässig gelbbraun. Bei der gemeinen Kiefer bewirkt der reiche Harzgehalt, dass die Zersetzung nicht über den Wurzelstock hinaufsteigt. Die zersetzten Wurzeln sind gelblich-braun gefärbt.

Dieser Parasit tödtet die befallenen Bäume in kurzer Zeit und veranlasst die Entstehung von Lücken und Blössen in den Beständen, die sich jährlich vergrössern.

7. Agaricus melleus tritt an allen Nadelhölzern, selbst an den exotischen Cupressineen als Parasit auf, tödtet dieselben durch die Entwicklung seiner Rhizomorphen und veranlasst die Zersetzung des Holzes, soweit dasselbe nicht oberirdisch zu sehr nach dem Tode austrocknet. Die Infection erfolgt wohl vorwiegend durch die Rhizomorphen, deren Stränge unter der Erde weiterwachsen, oder durch Verwachsung der Wurzeln des erkrankten Baumes mit denen gesunder Nachbaren, so dass das Mycel direct im Bastgewebe von einer Pflanze zur andern übertreten kann. Die Zersetzung des Holzes veranlasst mürbe Beschaffenheit und hellgelb-braune Färbung desselben, dringt gleichmässig von aussen nach innen vor.

Polyporus vaporarius inficirt sowohl oberirdisch an Wundflächen, wie unterirdisch durch Mycelstränge, während es bei Polyporus mollis mir noch zweifelhaft ist, in welcher Weise die Infection vor sich geht.

Der Forstmann als Pflanzenzüchter ist berechtigt, in erster Linie auch nach den Mitteln zu fragen, die aus der wissenschaftlichen Erkenntniss der Krankheitsprocesse sich für die Praxis ergeben.

Die therapeutische Seite der Frage ist nun eine im Allgemeinen einfache. Von einer Behandlung des durch Parasiten ergriffenen Individuums wird bei Pflanzenkrankheiten wohl schwerlich je ernstlich die Rede sein können; es müsste denn eine ganz locale und in ihrer Verbreitung äusserlich sofort erkennbare Krankheitserscheinung sein, die in einfachster Weise beseitigt werden kann, wie z. B. ein von Viscum oder Loranthus befallener Baumzweig. Ich habe nicht nöthig, nachzuweisen, wesshalb es uns nicht möglich ist, mikroskopischen Pilzfäden im Inneren der Pflanze nachzuspüren, ohne eben die Pflanze selbst zu zerstören.

Die uns zu Gebote stehenden Mittel beschränken sich immer auf Massnahmen gegen die Weiterverbreitung des Parasiten resp. der Krankheit von einer Pflanze auf die andere.

Solcher Massregeln besitzen wir aber eine Mehrzahl und zwar sind dieselben in der Praxis durchaus leicht zur Ausführung zu bringen.

Da die Fruchtträger aller in Frage kommenden Parasiten des Holzkörpers sehr auffällig, gross und leicht an den Stämmen aufzufinden sind, die daran erzeugten Sporen aber die Infection vermitteln, so ist in der Folge in den Durchforstungen und den Totalitätshauungen mit Sorgfalt jeder „Schwammbaum" zum Hiebe zu bringen. Ein Abstossen der Fruchtträger genügt nicht, weil sich dieselben alsbald oder im nächsten Jahre regeneriren. Der Feldzug gegen die Baumpilze, den ich dringend empfehlen muss, hat zugleich den finanziellen Effect, dass unendlich viele Bäume rechtzeitig zur Nutzung gezogen werden, so lange deren Verderben sich noch auf einen geringeren Theil des Inneren beschränkt (cf. Seite 38). Andererseits sind alle Verwundungen, durch welche den keimenden Sporen der Eintritt in das Bauminnere ermöglicht wird, nach Kräften zu vermeiden, somit ist die Grünästung von Seiten der Frevler oder von der Hand des Forstmannes zu vermeiden und nur statthaft zur Zeit der Saftruhe, im Winter, wenn sie mit der nöthigen Sorgfalt und bei älteren Bäumen unter Verwendung von Steinkohlentheer erfolgt. Bei jüngeren Kiefern, Fichten und Lärchen dürfte Grünästung im Winter auch ohne Theeranstrich zulässig sein, weil die Astwunde sich alsbald selbst durch Terpentinaustritt schützt.

Den Wurzelparasiten kann nur durch Ziehung von Isolirgräben entgegengewirkt werden, durch welche die unterirdische Weiterverbreitung von Baum zu Baum verhindert wird (cf. Seite 27). Aehnliche Wirkung wie Isolirgräben übt Erziehung mit Laubholz gemischter Bestände, die, wie gegen grosse Insectencalamitäten, so auch gegen Pilzepidemieen schützt.

Gegenüber den Zersetzungsprocessen parasitischer Natur kann man alle von Verwundungen herstammenden Zersetzungsprocesse, bei denen keine Parasiten in Mitwirkung treten, als Wundfäule bezeichnen. Bei der Kiefer (und Lärche?), deren Harzreichthum in der Regel sofort den blossgelegten Holzkörper verkient, kommt diese Wundfäule nur äusserst selten und auch dann nur in sehr geringer Ausdehnung vor. Um so häufiger zeigt sie sich bei der Fichte. (Die Weisstanne habe ich nicht Gelegenheit gehabt, nach dieser Richtung hin zu beobachten.)

Die Verwundungen sind unendlich mannigfacher Natur (Trockenästung, Grünästung im Winter, Grünästung im Sommer, Gipfelbrüche, Entnahme von Zwillingsstämmen, Schälwunden des Wildes, Schalmwunden beim Holzrücken, Baumschlag, Anprällen, Harzlachten, Viehtritt u. s. w.), sie sind um so nachtheiliger, je leichter das atmosphärische Wasser durch sie in das Bauminnere dringen kann.

Der durch Austrocknen oder Functionslosigkeit abgestorbene Holzkörper der Wunde zersetzt sich unter Mitwirkung verschiedener saprophytischer Pilze. Die Zersetzungsproducte werden, wenn Wasser in die Wunde eindringt, in diesem gelöst den noch lebenden Holztheilen zugeführt und haben deren Tod zur Folge. So verbreitet sich die Wundfäule allmälig im Inneren des Baumes durch die Lösung der Zersetzungsproducte im atmosphärischen Wasser resp. bei unterirdischen Wunden im Bodenwasser, andererseits aber auch dadurch, dass der Tod eines Holzkörpers allmälig die über und unter ihm lagernden leitenden Fasern functionslos macht, tödtet und dann ebenfalls der Zersetzung anheim fallen lässt. Die dabei thätigen saprophytischen Pilze gehören theilweise ebenfalls den Hymenomyceten an, theilweise aber zu den Ascomyceten, vielleicht auch noch anderen Pilzfamilien. Der von Willkomm als Xenodochus ligniperda beschriebene Pilz kommt öfters an solchem wundfaulen Fichten- resp. Kiefernholze vor, welches unterirdischen Verwundungen seine Zersetzung verdankt. Es gehört dieser Pilz, dessen Entwicklungsgang noch nicht

erkannt ist, nicht der Gattung Xenodochus an, sondern ist wahrscheinlich verwandt mit der Gattung Ceratostoma. Die als Sporangien beschriebenen Organe sind wahrscheinlich nur Gemmenbildungen des Mycels. In Verwundungen der Wurzel oder des Wurzelstockes dringt sehr oft das Mycel von Agaricus melleus ein, welches dann den Zersetzungsprocess sehr beschleunigt.

Selten verbreitet sich die Wundfäule über grössere Baumtheile z. B. von Schälstellen des Rothwildes aus in der Regel nicht über 1 m hoch empor. Die Färbung ist meist eine schwärzlich-braune und die Holzzellen sind mit einer bräunlichen, löslichen Substanz mehr oder weniger angefüllt. Nur wenn Wundflächen Jahrzehnte lang offen bleiben und das Eindringen des Wassers leicht erfolgt, werden dieselben von grossem nachtheiligen Einflusse. Vermeidung aller Verwundungen ist anzuempfehlen. Trockenästung und Grünästung im Winter ist zulässig und nützlich.

Als Wurzelfäule endlich bezeichne ich eine Krankheit, die unter gewissen, dem Luftwechsel ungünstigen Bodenverhältnissen eintritt, nachdem mit dem Beginn des Bestandesschlusses, der Bildung einer reichen Humus-, Moos- und Nadeldecke der Temperaturwechsel und die Processe der Gasdiffusion in grösserer Bodentiefe so sehr herabgemindert werden, dass kein genügender Ersatz des von den Wurzeln verbrauchten Sauerstoffes eintritt. Es sterben dann nur die in die Tiefe gehenden Wurzeln ab, die Zersetzungsprocesse sind ganz ähnlich denen bei der Wundfäule.

Erziehung reiner Laubholzbestände auf solchen Böden oder Vermischung des Nadelholzes mit Laubholz, unter Umständen auch Anbau der Fichte an Stelle der Kiefer sind die empfohlenen Mittel. Zuweilen ist auch Entwässerung bei stagnirender Nässe, scharfe Durchforstung nützlich, wie jede andere auf Förderung des Luftwechsels im Boden hinzielende Operation.

Ergebnisse von vorwiegend botanischem Interesse.

Die Bearbeitung der Zersetzungsprocesse des Nadelholzes hat zunächst Veranlassung geboten zum Studium einer Reihe von Pilzen aus der Gruppe der Hymenomyceten.

Die an sich berechtigte Forderung, dass die Kenntniss des Entwicklungsganges eines Pilzes erst dann als abgeschlossen zu betrachten sei, wenn es uns gelungen ist, denselben von der keimenden Spore bis soweit lückenlos zu verfolgen, wo wiederum Fruchtträger derselben Art uns vorliegen, wie sie jene Sporen uns lieferten, von deren Keimung wir ausgingen; diese Forderung lässt sich beim Studium der im Inneren des Baumes lebenden Parasiten nur sehr schwer erfüllen, da zwischen Infection und Fruchtträgerbildung der meisten dieser Parasiten viele Decennien vergehen, oftmals, wenn es dem Mycel nicht gelingt, nach aussen hervorzudringen, das ganze Bauminnere ausfaulen kann, ohne dass überhaupt Fruchtträgerbildung stattfindet. Dazu kommt ferner noch, dass die Keimfähigkeit gerade der Sporen dieser Pilze von uns meist noch unbekannten Bedingungen abhängt, so dass es nur selten gelingt, Sporen zur Keimung gelangen zu lassen. Hat man aber auch keimfähige Sporen, so stösst die Infection bei den Nadelhölzern auf Schwierigkeiten, indem sehr leicht die Verharzung der Wunde, die zuvor hergestellt werden muss, die Entwicklung des Pilzes verhindert. Es ist dies der Grund, wesshalb ich die Mycelinfection bei meinen Versuchen vorwiegend zur Ausführung gebracht habe, indem ich entweder (bei Agaricus melleus und Trametes radiciperda) die erkrankten, äusserlich Mycel entwickelnden Wurzeln in Contact gebracht habe mit den gesunden Wurzeln des zu inficirenden Baumes, oder indem ich mittelst des Pressler'schen Zuwachsbohrers Bohrspäne aus mycelhaltigem Holze in Bohrlöcher gesunder Bäume einschob.

Da nur in denjenigen Holztheilen eines erkrankten Baumes, in welchen das Mycel noch kräftig ernährt wird, also vorwiegend in dem erst seit kurzer Zeit erkrankten Holze das Mycel über die Grenzen des Bohrspanes hinauswächst, wenn dieser in feuchter Luft sich befindet, so muss man zu diesen Infectionen auch nur derartiges erst kürzlich erkranktes Holz verwenden. Ist die Infection geglückt, so würde man, da der Pilz unserer Wahrnehmung entgangen ist, die weitere Entwicklung desselben auch nur durch Fällung des Baumes oder durch Herausnahme von Bohrspänen weiter verfolgen können. Nur durch Untersuchung recht zahlreicher erkrankter Bäume wird es uns möglich, ein Bild von dem Entwicklungsgang des Parasiten und den durch ihn veranlassten Krankheitserscheinungen uns zu verschaffen. Durch Combination vieler Einzelfälle müssen wir den Entwicklungsgang verfolgen, den lückenlos zu beobachten uns aus den genannten Gründen nicht möglich oder wegen der Länge des Entwicklungszeitraumes sehr erschwert ist.

Wenn noch manche Lücke in den bezüglichen Beobachtungen auszufüllen ist, so hoffe ich doch, dass mir daraus kein Vorwurf erwachsen wird, sind doch fast alle solche Untersuchungen, zumal wenn sie so mannigfach verschiedene Fragen berühren, der weiteren Bearbeitung fähig und bedürftig.

Von besonderem Interesse ist zunächst die Erweiterung unserer Kenntnisse über das Mycelium der Pilze, welches im Inneren der Organe des Holzes ein fädiges ist, ausserhalb in vielen Fällen grössere Häute oder Mycelstränge bildet. Das fädige Mycel ist höchst variabel, je nach der reicheren oder spärlicheren Ernährung desselben, insbesondere abhängig von dem Sauerstoffreichthume, der dem wachsenden Mycel zu Gebote steht. Ohne auf Einzelnheiten hier einzugehen, mag als Regel hingestellt werden, dass im ersten Zersetzungsstadium des Holzes, solange insbesondere noch der Inhalt der parenchymatischen Zellen mit seinen plasmatischen Stoffen die Ernährung der Hyphen fördert, dieselben sehr dick, plasmareich, oft gelb oder bräunlich gefärbt sind. Ist der Zelleninhalt aufgezehrt, dann entspringen den Hyphen erster Qualität farblose und dünnere Fäden, während jene absterben und aufgelöst werden. Immer zartere Hyphen treten an die Stelle der wieder vergehenden, bis zuletzt in manchen Fällen ein Hyphenfilz von so zarten Fäden übrig bleibt, dass eine Bestimmung des Durchmessers der Fäden nicht mehr möglich ist (Taf. VII und X). Einzelne Parasiten besitzen zahlreiche, oft blasig anschwellende Seitenäste, die den Charakter von Haustorien tragen (Taf. VI Fig. 4, 8, Taf. VII Fig. 11). Bei Agaricus melleus nimmt das Mycel den Charakter parenchymatischen Füllgewebes im Inneren der Tracheiden an (Taf. XI Fig. 3). Die meisten der untersuchten Pilze besitzen die Fähigkeit, Mycelkörper ausserhalb des Holzkörpers zu bilden, indem das Mycel entweder aus dem Inneren hervor in Spaltenräume oder über die Oberfläche des Holzes bei feuchter Luft hervorwächst. Einzelne Arten bilden aber auch charakteristisch geformte, selbstständig fortwachsende Mycelstränge (Trametes radiciperda, Polyporus vaporarius und Agaricus melleus).

Weder an dem Mycel im Inneren des Holzes, noch bei der Entstehung der Fruchtträger sind mir irgend welche Organe vorgekommen, die in Beziehung mit Geschlechtsprocessen gebracht werden könnten; insbesondere glaube ich auch die Vermuthung zurückweisen zu müssen, dass der Entstehung eines Fruchtträgers, wie bei vielen Pilzen anderer Gruppen nachgewiesen ist, ein einzelner Geschlechtsact voraufgehe.

Da, wo das Mycelium in voller Kraft nach aussen aus dem Holze hervorzuwachsen vermag, bildet dasselbe ein Mycelpolster, aus dem, wenn die Bedingungen seiner Entwicklung günstig sind, direct der Fruchtträger hervorgeht.

So schwankend einerseits Grösse, Gestalt, selbst die Färbung der Fruchtträger aus den Gattungen Polyporus, Trametes etc. ist, so höchst charakteristisch sind andererseits die Merkmale, wodurch sich die einzelnen Pilzarten im inneren Bau von einander unterscheiden. Der Bau der Hutsubstanz, der Trama, der Hymenialschicht, die Haarbildungen in den Kanälen, der Bau der sterilen Aussenschicht des Hutes u. s. w. geben so vortreffliche Anhaltspunkte zur Beschreibung der Arten, zur Gruppirung resp. Bildung von Gattungen, dass es eine dankbare Aufgabe ist, mit Rücksicht auf den inneren Bau sämmtliche bekannte Arten einmal zu bearbeiten.

Ich verkenne die hohen Verdienste unseres ehrwürdigen Elias Fries um die Kenntniss dieser Gattungen durchaus nicht; soweit jene äusseren Merkmale reichten, sind die Diagnosen, welche von Fries aufgestellt sind, zum grössten Theil untadelhaft und doch ist es wegen der Veränderlichkeit der äusseren Merkmale sehr oft schlechterdings nicht möglich, mit voller Sicherheit einen vorliegenden Pilz nach Fries zu bestimmen. Die Trennung der beiden Gattungen Trametes und Polyporus erscheint mir völlig unzulässig, wenn sie aber beibehalten bleiben soll, so müsste eine ganze Reihe von Arten der Gattung Polyporus jener Gattung einverleibt werden. Ausser der Trametes radiciperda, die aber wahrscheinlich (siehe Seite 19) synonym mit Polyporus annosus Fr. ist, habe ich keine neue Species beschrieben, habe vielmehr diejenigen Namen gewählt, die ich nach Fries' Beschreibung für die richtigen halte. Möglich ist es, dass eine genauere Untersuchung der Polyporusarten aus der Verwandtschaft von Polyporus igniarius zu dem Ergebnisse führt, dass der von mir Tafel VII dargestellte Parasit der Weisstanne von Polyporus fulvus verschieden und eine neue Species ist. Jede Berichtigung von competenter Seite werde ich dankbarlichst begrüssen. Ohne auf die Einzelnheiten einzugehen, verweise ich nur auf die interessanten Verschiedenheiten, die im Bau der Fruchtträger auftreten und abgebildet sind, hoffend, dass dieselben zu weiteren Studien dieser Gattungen

führen werden. Als Parasiten habe ich nur Pilze aus der Gruppe der Hymenomyceten kennen gelernt, als Saprophyten treten neben dieser Pilzgruppe eine Reihe von Pilzen aus der Familie der Ascomyceten auf, deren eingehenderes Studium ich bisher unterlassen habe. Der am allgemeinsten verbreitete ist Sphaeria dryina oder Ceratostoma pilifera, welcher allerdings nur in abgestorbenen Bäumen und geschlagenem Holze vegetirt und das sog. Blau- oder Schwarzwerden des Nadelholzes veranlasst. Ein ihm wahrscheinlich nahe stehender Saprophyt, der aber nur von unterirdischen Wunden aus in das todte Holz eindringt, ist schon von Willkomm beobachtet und wohl mit Unrecht zur Gattung Xenodochus (ligniperda Willkomm) gestellt. Die weiteren Angaben Willkomm's über den Entwicklungsgang dieses Pilzes kann ich nicht bestätigen, bin aber auch noch nicht dazu gekommen, den vollen Entwicklungsgang dieses Saprophyten zu studiren. In wundfaulem Fichtenholze treten noch mannigfache andere Pilzformen auf, die ich aber ebenfalls noch nicht eingehender beobachtet habe.

Von grossem Interesse sind die Veränderungen der Zellwände, welche durch die Einwirkung der Pilze hervorgerufen werden. Zunächst ist hervorzuheben, dass die Pilzhyphen stets im Inneren der Zellen vegetiren und nur die Wandungen quer durchbohren, meist auf dem kürzesten Wege dieselben durchwandernd. Ausnahmsweise Taf. IX Fig. 12 verändern dieselben im Inneren der Wandungen ihre Richtung. Entweder wachsen sie in gerader Richtung rechtwinklig zur Tangente des Zellenlumens bis zur Aussengrenze der Wandung und setzen von hier aus ihre Wanderung rechtwinklig zur Tangente des Lumens der Nachbarzelle durch die Wand dieser fort (Fig. 12 n), gleichen darin den correspondirenden Tipfelkanälen dickwandiger Sclerenchymzellen, oder sie biegen regellos in horizontaler und vertikaler Richtung im Inneren der Wandung um (Fig. 12 a, b, c), oder verästeln sich selbst im Inneren der Wandung und senden kurze Seitenäste in lothrechter Richtung aus (Fig. 12 k).

Der einzige Fall, in welchem die Mycelfäden zum grössten Theile nicht intracellular sind, sondern im Inneren der Wandungen selbst in lothrechter Richtung wachsen, kommt bei dem Mycel des schon in so vielfacher Beziehung interessanten Agaricus melleus vor (Taf. XI Fig. 4, 5). Die Wandungen des Kiefernherbstholzes erscheinen im Querschnitt durch das Mycel dieses Parasiten siebförmig durchlöchert, im Längsschnitt lothrecht gestreift.

Die Bohrlöcher in den Wandungen, welche entweder von Anfang an den Durchmesser des Pilzfadens haben, oft aber bedeutend kleiner sind, indem die Pilzhyphen nur in Form sehr zarter Fäden die Wandungen durchsetzen, im Lumen der Zellen wieder bedeutend an Dicke zunehmen, erweitern sich nachträglich in der Regel bedeutend, indem die Auflösung der Zellwandsubstanzen von dem Bohrloche aus schneller stattzufinden scheint, als von der unverletzten Wandfläche aus (Taf. VII Fig. 12, Taf. X Fig. 4). Das anfänglich cylindrische Bohrloch erhält hierbei oft die Gestalt eines ∞, indem die innerste Grenzhaut, sowie die äusserste Wandschicht der Auflösung grösseren Widerstand leisten, als die mittlere Schicht einer jeden Wandung.

Die Auflösung der Zellwand sowie die dieselbe begleitenden chemischen Veränderungen will ich in der kurzen Darstellung der

Ergebnisse von vorwiegend chemischem Interesse

besprechen.

Berücksichtigt man den Seite 5 ff. in der Kürze mitgetheilten gegenwärtigen Standpunkt, den die Chemie in Bezug auf die Zersetzungserscheinungen des Holzes einnimmt, so glaube ich nicht zu viel zu sagen, wenn ich denselben nicht sehr über dem Nullpunkt stehend schätze. Ich verzichte darauf, die einzelnen Processe, die dort unterschieden sind, kritisch an der Hand der eigenen Untersuchungsergebnisse zu prüfen, sondern fasse die letzteren nachfolgend in aller Kürze zusammen, soweit sie sich auf das Nadelholz und auf die an lebenden Bäumen auftretenden Processe beziehen. Die Zersetzungserscheinungen an abgestorbenen Bäumen, gefälltem oder schon verbautem Holze sind fast noch gar nicht wissenschaftlich untersucht, und soweit ich dieselben gelegentlich untersucht habe, finde ich mein soeben ausgesprochenes Urtheil auch in Bezug auf diese Processe bestätigt.

Die von mir untersuchten Processe an lebenden Bäumen zerfallen in solche, welche durch Parasiten veranlasst werden und solche, bei denen die Pilze saprophytischen Charakter tragen.

Die Processe der ersten Kategorie werden in ihrem Verlaufe lediglich bedingt durch die Pilzspecies, deren Mycel sich im Holze verbreitet, von einer Zelle zu anderen wachsend, wie wir das bereits besprochen haben. Es sind nur hoch entwickelte Pilzformen, die in Frage kommen, nie habe ich im zersetzten Holze Pilze aus der Gruppe der Schizomyceten aufgefunden. Selbst bei der sog. Wundfäule entsinne ich mich nicht, derartige Pilze bemerkt zu haben, obgleich ich deren zufälliges Auftreten hierbei nicht bestimmt negiren will.

Die Thätigkeit der Pilzhyphen im Inneren des Holzgewebes ist eine zweifach verschiedene. Einestheils nehmen dieselben die organischen Stoffe, die sich ihnen unterwegs direct darbieten, unverändert in sich auf, verarbeiten sie im Inneren unter Ausscheidung von Kohlensäure zu Pilzplasma und Pilzcellulose, andererseits entziehen sie auf weitere Distanz den organischen Verbindungen gewisse Stoffe, die sie zu ihrer Ernährung bedürfen und veranlassen damit eine chemische Veränderung des nicht aufgenommenen Zelleninhaltes resp. der Zellwandungen.

Was zunächst die Aufnahme von Stoffen betrifft, wie sie der Zelleninhalt darbietet, so werde ich bei Beschreibung der Zersetzungsprocesse des Eichenholzes noch näher ausführen, dass die in gesundes Eichenholz eindringenden Pilzhyphen den Gerbstoff zunächst unverändert in sich aufnehmen, was daraus geschlossen werden darf, dass die in den Gefässen frei vegetirenden Hyphen bei Behandlung mit Eisensalzlösungen sich dintenartig färben, dass die schwarz-blaue Färbung ihres Inhaltes weiter rückwärts in den etwas älteren Myceltheilen in eine schmutzig-grüne übergeht und dann noch weiter zurück ganz verschwindet.

Es berechtigt diese Thatsache zu der Annahme, dass der Gerbstoff unverändert aufgenommen und im Inneren der Pilzhyphen chemisch umgewandelt wird.

Ist dies aber für Gerbstoff mit Hilfe der Eisenreaction nachweisbar, so liegt kein Grund vor, zu bezweifeln, dass auch andere Lösungen, z. B. Zucker u. s. w., unverändert aufgenommen werden. Die zahlreichen Seitenhyphen, welche haustorienartig die Wandungen durchbohren, nehmen vermöge ihrer Spitzen die gelöste Zellwandungssubstanz ganz und gar in sich auf. Gegenüber dieser directen Aufnahme im Wesentlichen unveränderter Substanzen durch die Pilzhyphen üben diese weit über die Grenzen der unmittelbarsten Umgebung hinaus einen tief eingreifenden, zersetzenden Einfluss auf Zelleninhalt und Zellwandung aus, indem sie denselben gewisse Stoffe entziehen, die zur Ernährung der Pilzhyphen dienen, und hierbei treten nun die wunderbarsten, der Pilzspecies eigenthümlichen Verschiedenheiten in der Ernährungsweise der Parasiten hervor.

Es unterliegt zunächst keinem Zweifel, dass alle Pilzarten nicht unerhebliche Mengen von Sauerstoff der Binnenluft und wahrscheinlich auch den organischen Substanzen des Holzkörpers entziehen. Letzteres ist jedoch nicht mit Bestimmtheit nachzuweisen. Die Elementaranalysen der verschiedenen Zersetzungsarten des Holzes weisen nach, dass mitten im Baumstamme ausgedehnte Zersetzungen stattfinden können, ohne dass die Substanzen an Sauerstoff abnehmen, im Gegentheil oft noch zunehmen. Diese Thatsache nöthigt unbedingt zu der Annahme, dass durch die Wurzeln des Baumes reichlich soviel Sauerstoff resp. atmosphärische Luft aufgenommen werde, dass der Bedarf der Pilzhyphen aus der Binnenluft wohl befriedigt werden kann.

Ausser Sauerstoff entziehen die Pilzhyphen dem Zelleninhalt der parenchymatischen Zellen, sowie den Zellwänden aller Organe gewisse Substanzen, über deren Beschaffenheit aus nahe liegenden Gründen nur Vermuthungen ausgesprochen werden können. In vielen Fällen nimmt die Zellwandung wieder vollständig den Charakter der Cellulose an, wird absolut farblos, geschmeidig, leicht quellbar, in Chlorzinkjod eine schön violette Reaction zeigend, in anderen Fällen bräunt sich die Wandung dagegen, wird sehr spröde, so dass sie beim Zerschneiden zahllose Risse und regellose Sprünge erhält, in Ammoniak grösstentheils, in Kalilösung nahezu vollständig zu einer braunen Flüssigkeit sich auflöst. Ich will nachstehend die verschiedenen beim Nadelholz auftretenden Zersetzungsarten der Zellwände kurz skizziren.

1. Polyporus mollis (Taf. IX). Bräunung der Zellwände und Brüchigwerden derselben. Bedeutende Abnahme des Sauerstoffgehaltes von 42,22 Procent auf 33,08 Procent. Zunahme des Kohlenstoffes von 51.65 Procent auf 61,23 Procent.

Löslichkeit von 42 Procent der Substanz in kaltem Ammoniak, Auflösung fast der ganzen Substanz

in konzentrirter Kalilauge. Die Wandung mit Ausnahme der äusseren, die Nachbarzellen verbindenden Schicht bekommt in Folge der Volumverminderung zahllose, in spiraliger Richtung von rechts nach links aufsteigende Spalten von einer, meist eine halbe Umdrehung um das Zellenlumen erreichenden Länge. Ein geringer Druck mit den Fingern verwandelt das trockene, rissige, roth-braune Holz in feinstes gelbes Mehl.

2. Polyporus vaporarius (Taf. VIII). Zersetzung wie bei 1, nur unterschieden dadurch, dass die Spalten in der Wandung mit der Längsaxe der Tracheiden parallel laufen und aus zahlreichen kleinen schrägen Rissen komponirt sind. Eigenthümlich scharfer Geruch nach Terpentinöl.

3. Trametes radiciperda (Taf. III u. IV). Färbung des Holzes bei Fichte nur vorübergehend dunkler, dann hellgelb-braun mit weissen Flecken. Letztere anfänglich mit schwarzer Mitte. Die weissen Flecken im Holze sind ausgezeichnet dadurch, dass alle drei Wandschichten, die äusserste etwas später als die inneren, in Cellulose verwandelt werden, worauf dann die völlige Auflösung der äusseren Schicht und damit die Isolirung der Tracheiden erfolgt, während die inneren Schichten erst später aufgelöst werden.

Ausserhalb der weissen Flecke erfolgt die Auflösung allmälig vom Lumen der Zellen nach aussen vorschreitend und geht der Auflösung ebenfalls die Umwandlung in Cellulose kurz vorher. Es bleiben die äusseren Wandschichten gleichsam als Skelet am längsten ungelöst und unverändert. Die Elementaranalyse solchen Holzes weist eine stetige Abnahme des Sauerstoffs, eine Zunahme des Kohlenstoffs nach, so dass der Kohlenstoff von 48,82 auf 52,93 % steigt, der Sauerstoff von 44,16 auf 41,42 % sinkt.

Dies Ergebniss ist insofern von Interesse, als der Auflösung ja die Umwandlung in Cellulose, einer sauerstoffreicheren Substanz vorangeht und desshalb mit Nothwendigkeit gefolgert werden muss, dass die noch nicht in Cellulose umgewandelten Theile der Zellwandungen sich durch sehr grossen Kohlenstoffgehalt resp. durch Sauerstoffarmuth auszeichnen müssen, da sonst die Gesammtmasse nicht kohlenstoffreicher als das gesunde Holz sein könnte.

4. Polyporus borealis (Taf. X). Das hellbräunlich-gelbe Fichtenholz wird durch horizontale Fugen innerhalb jeden Jahrringes in ziemlich gleich hohe Ringe zerlegt.

Die Auflösung erfolgt von innen nach aussen, nachdem zuvor eine Wandschicht nach der andern in Cellulose umgewandelt ist.

Die Umwandlung umfasst im dünnwandigen Sommerholz sofort die ganze Wandung excl. der äussersten Schicht, die selbst nach der Lostrennung und Auflösung der inneren Schichten noch einige Zeit der Umwandlung in Cellulose widersteht.

Im dickwandigen Herbstholze wird zunächst die innere Hälfte der ganzen Wand in Cellulose verwandelt, nach deren Auflösung (in der Regel geht dieser eine Lostrennung von den äusseren Theilen voran) die Umwandlung der übrigen Schichten excl. der äussersten Wandschicht erfolgt, bis zuletzt auch diese umgewandelt und aufgelöst wird.

5. Polyporus fulvus (Taf. VII). Das Holz wird schmutzig-gelbweiss (Weissfäule) mit reinweissen Längsstreifen. Die Substanz ist pappeartig, mürbe. Die Elementaranalyse ergiebt eine erhebliche Zunahme des Sauerstoffs von 42,61 auf 44,29 %, eine Abnahme des Kohlenstoffgehaltes von 51,43 auf 49,61 %. Es ist aber zweifelhaft, ob man diese Veränderung vorwiegend einer Veränderung der Holzwandungen zuschreiben darf, oder ob das sehr üppig entwickelte Pilzmycel, welches einen sehr grossen Theil der untersuchten Substanz ausmacht, durch seine Pilzcellulosewandungen den Kohlenstoffgehalt der ganzen gemischten Substanz herabgedrückt hat. In konzentrirtem kaltem Ammoniak löst sich 14,5 % auf, während von gesundem Weisstannenholz nur 12,7 % gelöst werden. Die Auflösung der Wandungen erfolgt nicht ganz gleichmässig. In einem gewissen Zersetzungsstadium löst sich die äusserste Wandschicht von der mittleren los. Beide Theile werden sodann aufgelöst; da aber die äusserste Schicht dünner ist, so verschwindet sie auch früher, als die mittlere und innerste Grenzhaut. Am längsten erhält sich die innerste Hautschicht, die dann vor der Auflösung eine spiralige Molekularstruktur erkennen lässt.

6. Agaricus melleus als Parasit (Taf. XI Fig. 1—5). Das bräunlich-gelbe, mürbe, pappeartige Holz zeigt eine von innen nach aussen vorschreitende Auflösung der Wandungen ohne Trennung der einzelnen Wandschichten. Erst in den letzten Zersetzungsstadien zeigen die schon sehr verdünnten Wandungen durchweg eine Cellulosereaktion.

7. Trametes Pini (Taf. VF). Das festbleibende, aber röthlich-braun gefärbte Holz erhält theilweise weisse Flecke, theilweise Löcher, deren Wandungen kaum heller gefärbt sind, als das feste Holz.

Im Bereich der weissen Flecke erfolgt zunächst die Umwandlung der ganzen Wandung in Cellulose, darauf Loslösung der einzelnen Tracheiden von einander, darauf Auflösung der äussersten Wandschicht, Auflösung der mittleren Schicht, bis zuletzt die innerste Wandschicht eine fein gekörnelte Struktur, ein Zerfallen in die kleinsten Moleküle erkennen lässt. Ausserhalb der weissen Flecke erfolgt zuerst eine Auflösung (ohne vorhergehende Umwandlung in Cellulose) der mittleren Wandschicht, die sich durch Abtrennung von der äusseren Schicht erkennbar macht. Darauf verschwindet die äusserste Grenzhaut und zuletzt die innerste zarte Auskleidungsschicht. Der Auflösung dieser letzten geht Umwandlung in Cellulose voraus, so dass die Höhlungen im Holze (Fig. 1) durch Cellulosehäute bekleidet sind.

Die chemische Analyse solchen durch Trametes Pini zersetzten Kiefernholzes zeigt fast genau dieselbe Zusammensetzung, wie das gesunde Holz. Der Kohlenstoff sinkt von 51,65 auf 51,25 % herab, der Sauerstoff steigt von 42,22 auf 42,82 %. Mit konzentrirtem kaltem Ammoniak behandelt löst sich vom gesunden Kiefernholze 13 %, vom zersetzten Holze 14,8 % auf. Berücksichtigt man, wie komplizirt nach dem vorher Angeführten die chemischen Processe innerhalb desselben Holzes schon sind, während das Gesammtergebniss der Elementaranalyse kaum Veränderungen nachweist, so erhellt schon hieraus, wie wenig geeignet die Elementaranalyse für sich allein ist, um eine klare Anschauung von dem Processe der Holzzersetzung zu erlangen.

Nach dem in vorstehender Uebersicht Zusammengestellten ergiebt sich, dass die bisherige Anschauung, nach welcher die Art der Zersetzung allein oder doch fast allein abhängig sei von äusseren Verhältnissen, von dem leichteren oder schwereren Zutritt des Sauerstoffes der Luft, von dem Feuchtigkeitszustande, von der Wärmeeinwirkung u. s. w. total unrichtig ist in Bezug auf die vorgenannten Processe, dass es vielmehr von der Arteigenthümlichkeit der im Baume vegetirenden Parasiten abhängt, welchen Gang die Zersetzung einschlägt. Wie einerseits der Zustand des Holzes einen Einfluss ausübt auf die Entwicklung des Mycels und auf die äussere Form desselben, so dürfte andererseits auch das Mycel des Parasiten in der einen Form einen anderen Einfluss ausüben auf die Substanz der Wandungen, als in einer anderen Form.

Ist es nun wohl unzweifelhaft, dass das Mycelium der Pilze eine gewissermassen aussaugende und auflösende Einwirkung auf die einzelnen Zellwandschichten ausübt, welche auch auf grössere Entfernungen hin sich erstreckt, dass die in das Innere der Pilzhyphen aufgenommenen Stoffe theilweise bei den Processen des Stoffwechsels als Kohlensäure ausgeschieden, theilweise zur Pilzsubstanz umgearbeitet werden, so wird andererseits kaum bezweifelt werden können, dass der grösste Theil der organischen Substanzen zu Kohlensäure und Wasser zerfällt, ohne gewissermassen den Magen der Parasiten durchwandert zu haben. Es darf angenommen werden, dass der Sauerstoff der Binnenluft, der durch die Wurzeln oder die Blätter immer wieder ersetzt wird, sich mit der in chemischer Umwandlung begriffenen Substanz zu Kohlensäure verbindet, die dann von dem Baume durch die Blätter resp. Nadeln ausgeschieden wird, dass dieser langsame Verbrennungsprocess in seinem Verlaufe nur wesentlich modificirt wird durch die gleichzeitig stattfindenden Einwirkungen des Pilzmycels. Es ist das zwar eine Hypothese, ich wüsste aber vorläufig keine bessere an die Stelle zu setzen und bin gern bereit, mich von Chemikern an der Hand der vorliegenden Untersuchungen belehren zu lassen.

Welche Wandungsschichten zunächst umgewandelt event. aufgelöst werden, ob die innere oder die äussere oder mittlere, ob die Umwandlung stattfindet in Cellulose oder andererseits in eine kohlenstoffreichere Substanz, alle diese Verschiedenheiten sind der Pilzspecies allein zuzuschreiben und fehlen für die Erklärung dieser specifischen Verschiedenheiten in der Lebensweise der Pilze selbstredend die Anhaltspunkte.

Neben den durch Parasiten erzeugten und vermittelten Zersetzungsprocessen haben wir aber auch in lebenden Bäumen solche Processe kennen gelernt, die entweder von offenen Wunden oder von getödteten Wurzeln ausgehen. Ich verweise in Bezug auf die Wund- und die Wurzelfäule auf die ausführlichen Erörterungen, die sich Seite 63 und 75 finden. Bei diesen Processen spielen Pilze ebenfalls eine wichtige Rolle, nur sind sie es nicht, welche die Zersetzung im Inneren des Baumes verbreiten, vielmehr wird die Weiterverbreitung auf gesunde, lebende Theile des Baumes entweder dadurch bewirkt, dass der Tod und die Zersetzung gewisser Baumtheile die Funktionslosigkeit der von ihnen abhängigen Organe nach sich

zieht, oder dadurch, dass sich die in eingedrungenem Tagewasser aufgelösten Zersetzungsprodukte durch Diffusion, durch eigene Schwere oder durch Emporsteigen mit dem aufwärts wandernden Saftstrome den lebenden Geweben mittheilen und sie tödten. Da es nicht bezweifelt werden kann, dass der Sauerstoff der atmosphärischen Luft, indem er in die offene Wunde unmittelbar oder im Wasser gelöst eindringt, sich mit der organischen Substanz direkt auch ohne Pilzvermittelung verbindet, so ist es schwer zu sagen, welchen Antheil an diesen Zersetzungsprocessen die Pilze haben und welchen die direkte Einwirkung der Luft besitzt. Es kommt dazu noch der Umstand, dass in der Regel eine Mehrzahl saprophytischer Pilzarten aus der Gruppe der Hymenomyceten und der Ascomyceten gleichzeitig in dem Holze thätig sind und hierdurch der Process komplizirt und nicht leicht in seinem Verlaufe zu studiren ist. Die Untersuchung der Zersetzungsprocesse im gefällten und verbauten Holze wird hierdurch sehr erschwert, doch treten auch bei ihnen charakteristische einfache Processe auf, wie z. B. der durch Merulius lacrymans erzeugte. Es eröffnet sich hier noch ein weites Gebiet für die Forschung.

Von chemischem Interesse ist noch das Verhalten des Terpentins, welches dem Pilzwachsthum sehr hinderlich entgegentritt, wenn es die Organe auf der Grenze des gesunden und erkrankten Holzes vollständig ausfüllt. Es schlägt sich zunächst in Tropfen an den Wandungen nieder, die später zusammenfliessen und den ganzen Innenraum ausfüllen. Da das flüchtige Terpentinöl mit Leichtigkeit durch die Wandungen der Tracheiden hindurchdringt, wie an jedem verkienten Holze, in welchem keine Pilzbohrlöcher vorkommen, bewiesen werden kann, so findet auch sicherlich eine völlige Imprägnation der Wandungen selbst dabei statt.

In stark zersetztem Holze zeigt sich das Terpentinöl nicht mehr flüssig, sondern verharzt, in amorphen Stücken das Innere der Organe ausfüllend. In durch Trametes radiciperda stark zersetztem Fichtenholze waren die vorher verkienten Tracheiden vollgefüllt mit Krystallen, deren Löslichkeit in Terpentin sie als Terpentinhydratkrystalle erkennen liess. Meines Wissens ist dies das erste natürliche Vorkommen dieser Krystalle, welches bisher nachgewiesen wurde.

Die Aschenbestandtheile des zersetzten Holzes wandern mit den Pilzhyphen sehr oft zum Theil in die Fruchtträger, die sich äusserlich am Baume entwickeln, und findet man grosse Mengen Krystalle von oxalsaurem Kalk in den Kanälen mancher Pilze (Taf. VII Fig. 5, 7) abgelagert. Der grösste Theil wird jedoch hier und da in Form grosser Krystalle im zersetzten Holze selbst ausgesondert.

II. ABSCHNITT.

DIE ZERSETZUNGSPROCESSE DES EICHENHOLZES.

ALLGEMEINES ÜBER DEN BAU DES EICHENHOLZES.

Ehe ich die einzelnen Zersetzungsprocesse bespreche, die ich an lebenden Eichen bisher beobachtet und untersucht habe, wird es zweckmässig sein, in der Kürze auf die Eigenthümlichkeiten im anatomischen Bau des gesunden Eichenholzes aufmerksam zu machen, soweit deren Bekanntschaft zum Verständniss des Nachfolgenden nothwendig vorausgesetzt werden muss.

Schon das unbewaffnete Auge erkennt sofort, dass das Eichenholz eine weit complicirtere Zusammensetzung besitzt, als das Nadelholz. Es tritt dies zunächst hervor in Bezug auf die Grössenverschiedenheiten der Markstrahlen. Ein Blick auf Tafel XV lässt die grossen Markstrahlen besonders in Fig. 4 deutlich erkennen. Sie veranlassen den geschlängelten Verlauf der Holzbündel, den ich in den Zeichnungen absichtlich nicht wiedergegeben habe, einestheils um die Deutlichkeit des Bildes nicht zu beeinträchtigen, anderentheils die Schwierigkeiten für den Lithographen nicht noch mehr zu steigern. Neben den grossen und breiten Markstrahlen verlaufen zahllose, dem unbewaffneten Auge nicht erkennbare, eine Zelle breite Markstrahlen im Holze, die ich Taf. XXI Fig. 5 i, i schwach vergrössert dargestellt habe. Sie weichen den grösseren Gefässen seitlich aus, umgeben dieselben oft nahezu in der Hälfte ihres Umfanges, setzen sich dann in der früheren Richtung wieder fort. Sowohl die grossen, als auch die kleinen Markstrahlen bestehen aus gleichgebildeten parenchymatischen Zellen (Taf. XXI Fig. 7 h), deren Wandungen zahlreiche, einfach cylinderförmige Tipfel zeigen. Nur da, wo sie den Gefässen anliegen, zeigen sie abweichend gestaltete grössere Tipfel (Taf. XII Fig. 12 b, g, k, Taf. XVIII Fig. 8 c).

Sie enthalten einestheils einen Zellschlauch, der besonders in gewissen Zersetzungsstadien deutlich durch Bräunung oder Körnelung hervortritt (Taf. XIII Fig. 12 n - r, Fig. 10), anderentheils reichlich Stärkemehl und amorphen Gerbstoff. Dies gilt für den Splint besonders im Winter, doch findet man jederzeit auch im Sommer geringere Mengen Amylum und Gerbstoff vor. Im Kernholze selbst, nahe dem Centrum alter Eichen, sieht man jederzeit gewisse Mengen von Stärkemehl, wahrscheinlich Ueberreste aus früheren Zeiten. Dass Gerbstoff auch im ältesten Kernholze in grossen Mengen sich vorfindet, ist eine bekannte Thatsache. Im Kernholze tritt in den parenchymatischen Zellen neben den Stärkemehl-Ueberresten in den leeren Organen eine bräunliche Substanz auf, die zum Theil die dunklere Färbung des Kernholzes veranlasst, durch Ammoniak löslich ist, und theilweise extrahirt werden kann. Der geringere Gehalt an Stärkemehl, andererseits

das Auftreten dieser braunen Substanz, besonders in den Parenchymzellen, sind die einzigen anatomisch nachweisbaren Unterschiede zwischen Kern und Splint.

Der durch die Markstrahlen in zahlreiche Bündel zerlegte Holzkörper lässt innerhalb eines jeden Jahrringes nachstehende Theile unterscheiden, die ich Taf. XXI Fig. 5 schwach vergrössert im Querschnitt dargestellt habe. Die mit *a* bezeichnete Schicht ist die Grenzzone des nächstälteren Jahrringes, die feine Breitfaserschicht *b b* bildet die Aussengrenze des gezeichneten Jahrringes. Derselbe zerfällt in einen inneren Theil *(a—f)* und einen äusseren *(f—b)*.

Der innere, der sogenannte Porenkreis, zeichnet sich durch zahlreiche, weitlumige Gefässe *(c, d)* aus, die umgeben sind von relativ dünnwandigen Tracheiden und wenigem Holzparenchym. Diese ganze Schicht trägt dadurch den Charakter des lockeren Gewebes. In geringer seitlicher Entfernung von einander verlaufen bis zur Aussengrenze des Jahrringes Gruppen eben solcher Organe durch die zweite Schicht hindurch und treten schon sofort durch hellere Farbe für das unbewaffnete Auge hervor. In Fig. 5 habe ich zwei solche Züge bei *e, e* gezeichnet. Die Gefässe in diesem Theile sind aber sehr klein *(e)* und treten wenig deutlich hervor. Der ausserhalb des sogenannten Porenkreises liegende Theil des Jahrringes *(f—b)* besteht vorwiegend aus sehr dickwandigen Holzfasern (sogen. Sclerenchymfasern), deren Lumina von mir in der Zeichnung durch Punkte angedeutet sind *(g)*. In peripherischer Richtung verlaufend und mit unbewaffnetem Auge als zarte helle Linien erkennbar, durchziehen Schichten von Holzparenchym *(h)* die feste Holzmasse, nur unterbrochen von den Tracheidenzügen, die aus dem Frühlingsholze zur Jahrringsgrenze verlaufen, sowie selbstredend von den Spiegelfasern. Es ist eine bekannte Thatsache, dass das schmalringige Eichenholz im Werthe bedeutend zurücksteht hinter dem breitringigen Holze. Es erklärt sich dies aus dem Umstande, dass die Breite des lockeren Frühlingsholzes (Porenkreis) bei schmalen Jahresringen einen relativ weit grösseren Antheil von der Ringbreite ausmacht, als bei breiten Ringen, dass mithin bei breiten Jahresringen das Holz überwiegend aus den festen Sclerenchymfasern besteht. Wenn ich nun zur näheren Beschreibung der einzelnen Organe übergehe und dabei auf die Figurentafel mehrfach hinweise, so dürfte es nicht unnöthig sein, darauf aufmerksam zu machen, dass ich bei der Darstellung des Zersetzungsganges im unteren Theile der Tafeln die Organe ohne Rücksicht auf deren oben dargestellte Vertheilung innerhalb des Jahrringes an einander gereiht habe, dass in diesem Sinne die Darstellung einen schematischen Charakter trägt.

Am nächsten verwandt den schon beschriebenen Markstrahlenzellen sind die Organe des Holzparenchyms. Die Holzparenchymfasern oder Zellfasern stehen vorwiegend in ein bis zwei Zellen breiten, peripherisch und etwas wellig verlaufenden Linien in dem festen Theile des Jahrringes und theilen denselben in eine Anzahl von Schichten. Die einzelnen Organe besitzen, wie die meisten übrigen Organe, zugespitzte Enden (Taf. XIII Fig. 10 g), ihre ursprüngliche cambiale Wandung tritt nirgends deutlich als solche hervor, ist mit den Wandungen der Nachbarorgane verschmolzen, wenn man nicht annehmen will, dass sie bei der Entstehung der Parenchymzellen in ihrem Inneren völlig resorbirt seien.

Die mit einem Zellschlauch versehenen und in Bezug auf den Stärkemehl- und Gerbstoffgehalt sich den bereits erwähnten Markstrahlzellen ähnlich verhaltenden einzelnen Zellen (Taf. XXI Fig. 7 a c) zeigen in ihrer Umgebung stets deutliche offene Intercellularkanäle (Taf. XIV Fig. 8 d), welche den übrigen Organen des Holzes fehlen. Die Wandungen sind in der Regel nicht sehr stark verdickt und zeigen meist eine einfache Tipfelung sowohl auf den Längs- als auch auf den Querwänden. An den Längswänden, welche an gleichartige Organe, d. h. an Parenchymzellen, angrenzen, stehen diese einfachen Tipfel meist zu Gruppen vereinigt, so dass auf die Höhe einer Zelle 3—6 Tipfelgruppen kommen; da, wo das Holzparenchym an Gefässe oder Tracheiden angrenzt, correspondiren den gehöften Tipfeln jener Organe einfache oder erweiterte, etwas schräg spaltenförmige Tipfel des Holzparenchyms ganz analog gebildet den Tipfeln der Markstrahlzellen, wo diese an Gefässen vorbeistreichen (Taf. XIII Fig. 10 e). Wo das Holzparenchym an Sclerenchymfasern grenzt, fehlt die Tipfelung ganz oder ist auf einzelne wenige einfache Tipfel beschränkt. Ich bemerke schliesslich noch, dass in keinem einzigen Falle von mir bei Zersetzungszuständen eine spiralige Struktur der Wand beobachtet worden ist. Von dem Holzparenchym, sowie von den Markstrahlzellen geht die später noch ausführlicher zu erörternde Thyllenbildung aus, die vorwiegend nur das Innere vieler Ge-

fässe ausfüllt (Taf. XIII Fig. 12 s), aber auch ausnahmsweise von einer Holzparenchymzelle in eine benachbarte Parenchymzelle erfolgen kann (Taf. XIII Fig. 12 i).

Die dickwandigen Sclerenchymfasern oder Holzfasern, welche den Hauptbestandtheil des Holzes ausserhalb des Porenkreises bilden, sind langgestreckt, etwa 0,8 mm lang und allmälig gegen das Ende sich zuspitzend (Taf. XVI Fig. 6 g, h, Taf. XIII Fig. 10 d, p). Nur dann, wenn sie nach oben oder unten auf einen Markstrahl stossen, zeigen sie fast rechtwinklig abgestutzte Enden ohne Zuspitzung (Taf. XIII Fig. 10 k). Im Querschnitt sind sie meist sehr unregelmässig polyëdrisch (Taf. XIII Fig. 11 a—d) und ihr Lumen ist auf eine sehr geringe Weite reducirt. In der Wandung erkennt man mindestens zwei, oft drei, auch in ihrem chemischen Verhalten verschiedene Schichten. Die äusserste, immer sehr dünne Schicht ist mit der entsprechenden Schicht der Nachbarorgane zu einer gemeinsamen Haut verwachsen, deren Zusammensetzung aus den Grenzschichten der Nachbarorgane nur an den stets ausgefüllten Intercellularräumen sich zu erkennen giebt. Die äussere Wandschicht umschliesst die sehr dicke Innenwandung, die verholzt ist und nur in einzelnen Fällen gegen den Innenraum von einer dritten, durch Chlorzinkjod sich blau färbenden Schicht begrenzt wird (Taf. XII Fig. 11 b). Tipfel sind in den Sclerenchymfasern sehr selten. Wo sie auftreten, sind sie ebenso gebaut, wie die Tipfel der Tracheiden, d. h. sie sind gehöft und mit deutlicher, in der Mitte des Linsenraumes ausgespannter, scheibenförmig verdickter Scheidewand versehen (Taf. XII Fig. 11 a). Zuweilen findet eine Correspondenz mit einem Tipfel der Nachbarfaser nicht statt, sondern der Tipfel stösst auf die tipfellose Nachbarwand (Taf. XIV Fig. 8 a). Der Linsenraum ist immer weit kleiner, wie in den Tracheiden, der Tipfel spaltenförmig.

Treten Zersetzungserscheinungen ein, in Folge deren die Wandung Spalten erhält, so verlaufen diese immer von rechts nach links aufsteigend in spiraliger Richtung (Taf. XIV Fig. 7 g, h, Taf. XXI Fig. 9).

Den Uebergang zu den ächten Gefässen bilden die Tracheiden oder gefässartigen Holzzellen, welche den Hauptbestandtheil des Frühlingsporenkreises und der von diesem zur Aussengrenze verlaufenden, sich hier oft seitlich verbreitenden hellen Züge bilden. Einerseits schliessen sie sich den Holzfasern an, indem sie oft sehr langgestreckt faserförmig, dabei dickwandig und arm an Tipfeln sind (Taf. XII Fig. 12 a, a), andererseits zeigen sich Uebergänge zu den Tracheen, von denen sie sich im Wesentlichen dadurch unterscheiden, dass niemals wirkliche Durchbrechungen, offene Verbindungen zwischen den Nachbarorganen vorkommen. Die Verwandtschaft mit den Tracheen tritt hervor sowohl durch die Verkürzung der Organe, deren relative Dünnwandigkeit und grosses Lumen (Taf. XII Fig. 12 o, Taf. XIII Fig. 10 f b), als auch insbesondere durch die Art der Tipfelung in den Wänden. Es treten 2, 3 und mehr Tipfelreihen neben einander auf, dicht gedrängt die Wand bedeckend und in ihrem eigenthümlichen Bau nicht verschieden von den Tipfeln der Gefässwandungen.

Was zunächst die Wandung der Tracheiden selbst betrifft, so ist dieselbe, wie es scheint, stets ganz verholzt, lässt aber, wie die der Holzfasern, eine Aussenschicht, eine mittlere stark verdickte und endlich in der Regel eine feine innerste Grenzschicht erkennen (Taf. XIII Fig. 12 a). Die äusserste Membran, die mit der entsprechenden Membran der Nachbarorgane verschmolzen ist, zeigt nie eine Spur von spiraliger Anordnung der Moleküle, bleibt bei allen Zersetzungsstadien, bei denen die von ihr umschlossene Schicht sich in spiraliger Richtung spaltet, von diesen Spalten frei und lässt auch da, wo sie nach der Auflösung der inneren Wandschichten allein übrig bleibt, nie eine Spur von eigenthümlicher Molekularstructur erkennen (Taf. XII Fig. 12 o, p). Die Tipfel sind von den gehöften Nadelholztipfeln im Bau wenig verschieden. Da, wo Tracheiden unter sich oder mit Gefässen zusammenstossen (Taf. XIII Fig. 10 u. 12 a), ist in der Mitte des linsenförmigen Hofraumes die Schliesshaut ausgespannt, die nur am Rande, wo sie mit der zu einer gemeinsamen Grenzlamelle verschmolzenen äussersten Membran der Wandung zusammenhängt, von der grössten Zartheit, im Uebrigen zu einer soliden Scheibe verdickt ist, deren Verhalten bei den Zersetzungsprocessen sehr interessant erscheint. Im gesunden Zustande erkennt man in der Aufsicht der Wandung in der Regel nur einen einfachen Kreis, bei gewissen Zersetzungszuständen sieht man nahe dem äusseren Kreise noch einen zweiten Kreis, der dann die Grenze der verdickten Scheiben bezeichnet (Taf. XIII Fig. 11 c). Die Scheibe selbst verdünnt sich bei der Auflösung nicht gleichmässig, sondern zunächst in der Mitte, von wo aus die Verdünnung nach dem Scheibenrande hin sich fortsetzt, welcher letztere längere

Zeit sich verdickt erhält (Taf. XIII Fig. 10 u. 11), bis auch er auf eine äusserst zarte Membran sich verdünnt hat. Erst dann löst sich die Schliesshaut gleichmässig und vollständig auf. Der Tipfelkanal, welcher vom inneren Lumen der Tracheide zum Linsenraum führt, ist stets ein spaltenförmiger, in der Richtung von rechts nach links aufsteigender, und da man den entsprechenden Tipfelkanal der Nachbarwandung meist gleichzeitig sieht, so findet eine Kreuzung zweier Spalten in der Mitte des Kreises statt. Selbstredend sieht man in solchen Zersetzungszuständen, bei denen sich die einzelnen Zellen durch Auflösung der Grenzlamelle von einander getrennt haben, nur einen Spaltenraum (Taf. XIII Fig. 10 l, m), wie andererseits der Spalt völlig verschwindet, wenn bei der Wandungsauflösung die inneren Schichten verschwinden und nur die Grenzlamelle übrig bleibt (Taf. XIII Fig. 11 c d). Da, wo Tracheiden an Parenchymzellen angrenzen, erweitert sich der Tipfelkanal in derselben Weise, wie vorbeschrieben, zu einem halb linsenförmigen Raume, dessen plane Seite in der Grenzfläche der Tracheide liegt und von der primären Wandung derselben gebildet wird. Auf letzterer fusst der einfache cylindrische Tipfel der Parenchymzelle. Wo Tracheiden an Holzfasern grenzen, fehlen die Tipfel in der Regel ganz, oder es treten einzelne Tipfel auf, die mit Hof und verdickter Scheidewand versehen sind.

Die Gefässe, Gliedröhren (Tracheen) sind von sehr verschiedener Grösse, meist einzeln stehend, in dem Frühlingsholze des Jahrringes in grosser Anzahl und sehr gross, in den nach der Aussengrenze des Jahrringes verlaufenden Zügen sparsamer und bedeutend kleiner. Die einzelnen Glieder der Gefässe sind durch schräge Querscheidewände von einander getrennt, die in der Mitte eine einzige sehr grosse Durchbrechung besitzen. Ist die Scheidewand nahezu horizontal ausgespannt, dann bleibt nach der Bildung der runden Durchbrechung oft nur eine wenig in das Innere des Gefässes hineinragende schmale Randleiste von derselben übrig (Taf. XII Fig. 12 g zwischen t—t, Taf. XXI Fig. 7 k), hat die Scheidewand dagegen eine mehr schräge Stellung, dann bleibt oberhalb und unterhalb der runden oder elliptischen Oeffnung ein grösserer oder kleinerer Theil der Zwischenwand übrig, die dann Querspalten zeigt, welche an die leiterförmigen Durchbrechungen in den Gefässen anderer Holzarten erinnern (Taf. XII Fig. 12 b, Taf. XIII Fig. 10 i).

Die Wandung der Gefässe ist eine relativ dünne, d. h. sie ist etwa ebenso stark, als die der Tracheiden. In den Zeichnungen habe ich zur Ersparung von Raum immer nur die kleinsten Gefässe gezeichnet, die grössten würden bei der angewandten Vergrösserung nahezu die ganze Breite der Figurentafel in Anspruch genommen haben. Die Tipfelung der Gefässwand richtet sich nach der Beschaffenheit der angrenzenden Organe. Ich habe bereits angeführt, dass die parenchymatischen Zellen der Markstrahlen und des Holzparenchyms mit einfachen, aber verhältnissmässig grossen Tipfeln auf die Gefässwand stossen. Oftmals erweitert sich der Tipfel nach aussen etwas stempelförmig und erscheint dann in der Aufsicht eine doppelte Umgrenzung des in der Regel etwas in die Breite gezogenen Tipfels (Taf. XVI Fig. 3 zwischen b u. c, Taf. XIII Fig. 10 im Markstrahl t über i). In der Regel erscheinen aber diese Tipfel einfach umgrenzt (Taf. XII Fig. 12 b, g, k, o, Taf. XVIII Fig. 8 c), in der Grösse und Stellung sehr variabel.

Die überwiegend auftretende Tipfelung ist dieselbe oder eine sehr ähnliche, wie wir sie bereits für die Tracheiden kennen gelernt haben. Verschiedenheiten kommen dabei vor in Bezug auf Zahl und Stellung, je nachdem die Wandung des Gefässes wiederum von einer Gefässwand oder von schmalen oder breiten Tracheiden begrenzt wird.

Grosse Mannigfaltigkeit zeigt sich in Betreff der Thyllenbildung im Inneren der Gefässe.

Wie ich bereits anführte, wachsen die angrenzenden Parenchymzellen durch die Tipfel in das Innere mancher Gefässe hinein, die dadurch zum grossen Theile völlig verstopft und ausgefüllt werden (Taf. XIII Fig. 12 s, Taf. XII). Die Wandungen dieser Füllzellen zeigen grosse Verschiedenheiten sowohl in der Dicke, als auch in der Tipfelbildung. Entweder sind dieselben sehr dünn und lassen fast nur in der Aufsicht rundliche einfache Tipfel erkennen, die aber nicht verwechselt werden dürfen mit einem tropfenweise auf der Wandung derselben auftretenden und später erhärtenden Niederschlage (Taf. XII Fig. 12 t u. u), oder die Thyllenwandung ist sehr dick (Taf. XVI Fig. 6 a, Fig. 4 v) und zeigt zahlreiche feine Cylindertipfel. Nicht uninteressant ist die Thatsache, dass nicht selten da, wo die Thyllen die Gefässe ganz ausfüllen, sich Thyllen in Thyllen bilden (Taf. XVI Fig. 4 über a bei w). Es sind meist sehr zarte, völlig runde Zellen, die im Inneren der Füllzellen der Wandung aufsitzen und an der Berührungsstelle deutlich die Oeffnung erkennen

lassen, durch welche sie von aussen eingedrungen sind. Sehr selten führen sie Stärkemehl (Taf. XVIII Fig. 8 d). In Bezug auf die Länge der Gefässe, deren Verlauf insbesondere schön mit unbewaffnetem Auge bei grossen Astüberwallungen (Taf. XIV Fig. 5, 6, 7, 8) zu ersehen ist, lässt sich eine Grenze nicht angeben, vielmehr verlaufen dieselben ohne Unterbrechung gewissermassen durch die ganze Pflanze.

Das specifische Gewicht des im Trockenapparate bei 100° C. getrockneten Eichenholzes betrug von einer circa 100jährigen Eiche und bei mittlerer Jahrringsbreite 0,78.

Ich weiss sehr wohl, dass eine solche einzelne Ermittelung nur einen relativen Werth besitzt, da das specifische Gewicht, wie ich insbesondere für die Kiefer*) eingehend nachgewiesen habe, in den verschiedenen Baumtheilen sehr variirt, doch führe ich diese Ziffern an, weil von demselben Holze durch Herrn Schütze hierselbst Elementaranalysen ausgeführt worden sind. Die Gewichtsveränderungen des Kernholzes in Folge der Zersetzungsprocesse werden hiermit verglichen werden.

Das gesunde Eichenkernholz, bei 100° getrocknet, enthält nach Schütze im Durchschnitt aus zwei Untersuchungen

48,8 % C. 5,42 H. 44,88 O + N. 0,90 Asche,

und somit aschenfrei

49,24 C. 5,47 H. 45,29 O + N.

Im fein zerkleinten Zustande sind im verdünnten Ammoniak löslich 15,34 %, während 84,66 % unlöslich sind.

Der vorstehenden kurzen Zusammenstellung der Besonderheiten des gesunden Eichenholzes, soweit solche bei der Darstellung der Zersetzungsprocesse desselben in Frage kommen, lasse ich nun zunächst die einzelnen an lebenden Eichen von mir beobachteten, durch Parasiten erzeugten Zersetzungsprocesse folgen. Sie gehen sämmtlich von äusseren Wunden, insbesondere von Astwunden, aus und würden somit berechtigtermassen auch unter der Rubrik „zur Eichenästungsfrage“ abgehandelt werden können. Ich habe aber in einem besonderen Artikel, die Eichenästung behandelnd, diejenigen Zersetzungserscheinungen besprochen, bei denen parasitische Pilze keine Rolle spielen.

*) Das specifische Frisch- und Trockengewicht der Kiefer. Springer, Berlin, 1872.

HYDNUM DIVERSIDENS FR.

Tafel XII.

Ein nicht gerade sehr häufiger Zersetzungsprocess der Eiche wird durch Hydnum diversidens Fr. hervorgerufen. Ich habe denselben bei Eberswalde nicht nur an etwa 80jährigen Eichen, sondern auch in ganz ähnlicher Weise an Rothbuchen angetroffen.

Von dem inficirten Aste aus entwickelt sich die Krankheit im Stamme aufwärts und abwärts wandernd ziemlich schnell. Einen Anhalt für die Schnelligkeit des Mycelwachsthums bieten mehrere künstliche Infectionen, die ich in den ersten Tagen des Decembers 1877 mittelst Pressler'schen Zuwachsbohrers an einer etwa 60jährigen Eiche zur Ausführung brachte. Als Infectionsmaterial dienten mir Späne einer kurz vorher gefällten, sehr kranken Eiche, die ich aus dem erst seit kurzer Zeit erkrankten Holztheile (Taf. XII Fig. 1 b) entnahm. Das Mycel war über die Oberfläche eines mehrere Tage im Zimmer aufbewahrten Holzklotzes als weisse Masse üppig hervorgewachsen und somit sicher das Holz zur Infection geeignet. Am 30. Mai, dieses Jahres, also genau 6 Monate nach der Infection gefällt und aufgespalten, zeigte die Eiche an denjenigen Infectionsstellen, an denen der Infectionsspan aus dem Bohrloche noch etwas nach aussen hervorgesehen hatte, also mit dem Bastkörper in Berührung stand, eine Bräunung und reichliche Mycelbildung in der Basthaut, bis auf 4 cm oberhalb und ebenso weit unterhalb des Bohrloches, während der Tod der Basthaut seitlich vom Rande des Bohrloches nur je 0,5 cm weit vorgeschritten war.

Im Splintholze war die Zersetzung aufwärts um 10 cm, abwärts um 5, in einem anderen Falle ebenfalls um 10 cm weit vorgeschritten. Im dunkeln Kernholze liess sich die Grenze nicht so genau bestimmen, da anfänglich die Farbe des erkrankten Holzes nicht wesentlich von der Kernholzfarbe sich unterscheidet. Bei einem Bohrloche, in welches der Infectionsspan so tief eingelassen war, dass er mit dem Baste nicht in Berührung stand, war der Bast völlig gesund geblieben. Berechnet man nach diesen Angaben die Geschwindigkeit des Mycelwachsthums pro Jahr, so würde nach einer Richtung hin dasselbe 0,2 m, also von der Infectionsstelle aus nach oben und unten im Ganzen 0,4 m sich fortpflanzen können. An einer von mir gefällten und zerschnittenen 80jährigen Eiche hatte die Infection allem Anschein nach an einer in 5 m Höhe liegenden Astwunde stattgefunden. Die äussersten Spitzen der vorschreitenden Zersetzung waren in 0,5 m Höhe unten, in 8,5 m Höhe oben angelangt, es würde hiernach ein circa 20jähriger Zeitraum seit der Infection sich ergeben. Die Schnelligkeit in dem Verlaufe des Zersetzungsprocesses an diesem Baume ergiebt sich daraus, dass in 0,5 m Höhe die ersten Spuren der Zersetzung liegen, in 1 m Höhe aber bereits mit Ausschluss eines circa 2 cm breiten Splintstreifens, die ganze Holzmasse zu einer gelblichweissen, mürben, papierartigen Masse umgewandelt war (Fig. 2). Der Uebergang aus dem gesunden bis zu dem letzteren Zustande erfordert demnach etwa nur 2—3 Jahre.

In Taf. XXI Fig. 2 habe ich eine $2^1/_2$ jährige Astwunde dargestellt, die von Hydnum diversidens

inficirt, bereits in starke Zersetzung übergegangen, insbesondere an den hellen Partieen völlig mürbe geworden war und abwärts eine Bräunung auf 17 cm, nach oben auf 10 cm Länge erkennen liess.

Aus dem Vorangeschickten geht hervor, dass das Hydnum diversidens ein sich schnell verbreitender, aber auch schnell zerstörender Parasit ist.

Auf der Grenze des gesunden und kranken Holzes sieht man zunächst eine rothbraune Färbung als erstes Zeichen beginnender Zersetzung hervortreten, und zwar in Folge der Bräunung des Inhaltes der parenchymatischen Zellen (Fig. 1 b). Sehr schnell ändert diese Farbe in eine eigenthümlich graugelbe ab, und zwar in der Regel zunächst das Frühlingsholz jedes Jahrringes als gelben Streifen hervorhebend (Fig. 1 c). Die Markstrahlen, insbesondere die grossen, behalten noch längere Zeit eine röthlichbraune Färbung (Fig. 1 d und Seitenansicht). Wie besonders aus dem Querschnitt zu erkennen, färben sich nicht nur die Frühjahrsschichten, sondern auch die von diesen nach aussen verlaufenden radialen Züge früher gelb, als die von festen Holzfasern gebildeten Partieen des Holzes, und dies hat dann bei welligem Verlauf der Holzschichten zur Folge, dass auch bei weiteren Zersetzungsstadien (Fig. 2) der gelbe Grund oft noch bräunlich gescheckt erscheint. Einzelne Jahresringe erliegen der Zersetzung schneller als andere und an Stelle des Frühlingsholzes tritt bei ihnen ein weisses verfilztes Mycel, das eine zusammenhängende, etwa 1 mm starke Pilzhaut bildet, die leicht von den angrenzenden Holzschichten sich lostrennen lässt (Fig. 2 b). Es entstehen diese Pilzhäute nicht, wie z. B. bei Polyporus sulphureus, durch Ausfüllung der beim Zusammentrocknen des Holzes sich bildenden Risse und Spaltenräume, sondern durch völlige Auflösung des Holzgewebes und Ersatz durch Pilzfäden (Fig. 11 m, n).

In dem Fig. 2 d dargestellten Zersetzungsstadium ist das Holz sehr leicht und zeigt im getrockneten Zustande ein specifisches Gewicht von 0,17. Da gesundes Eichenholz ein Gewicht von 0,78 besitzt, so verhält sich dasselbe zu dem obigen Zersetzungszustande wie 100 : 21,8. Dabei ist das Holz sehr mürbe, lässt sich in der Hand leicht zerbrechen, ähnlich etwa, wie ein leichter Moostorf. Die Spaltfläche ist ganz unregelmässig und zerrissen, nie ganz glatt. Lässt man ein Stück Holz, in welchem die Zersetzuug noch nicht zu weit vorgeschritten ist, im frischen Zustande einige Zeit auf einem mit Oelfarbe gestrichenen Fussboden oder auf einer Steinplatte stehen, so wächst das Mycel des Parasiten aus der unteren Schnittfläche hervor, ähnlich wie es Taf. XV Fig. 3 für Polyporus igniarius dargestellt ist, jedoch ist es stets schneeweiss. Binnen 10—12 Tagen verwächst dadurch das Holzstück mit der Unterlage so völlig, dass es nur mit Anwendung von Gewalt von derselben befreit werden kann. Das schon gelb gefärbte, stärker zersetzte Holz lässt zwar auch in feuchter Luft ein Hervorwachsen des weissen Mycels erkennen, doch ist der Wuchs ein weit langsamerer und schwächerer. Die nach aussen hervorgetretenen Hyphen des Mycels sind ebenso farblos, wie das Mycel im Inneren des Holzes, sie bestehen aus ziemlich dicken, aber zartwandigen, septirten und oft verästelten Fäden, deren plasmatischer farbloser Inhalt reich an kleinen Körnchen, wahrscheinlich Oeltröpfchen ist (Fig. 9 a, Fig. 11 f, Fig. 12 e—k). Sobald der Zersetzungszustand des Holzes weiter vorgeschritten und insbesondere der Zellinhalt verzehrt worden ist, werden die Mycelfäden erheblich zarter, es entspringen den dicken Hyphen viele dünnere, die jedoch nie so baumartig verzweigt sind, als das Mycel des Polyporus igniarius.

Die Fruchtträger der Parasiten entstehen entweder an nicht überwallten Astwunden, oder auch wohl an der Rinde völlig zersetzter Aeste, oder an gelegentlich entstandenen Verwundungen des Holzkörpers. Fig. 5 ist ein an einem Aste entwickelter, Fig. 6 ein Fruchtträger, welcher die Wandung einer Spechthöhle bekleidete. Die Fruchtträger entstehen so, dass anfänglich kleine weisse Mycelpolster (Fig. 3) auf der Oberfläche des Holzes hervortreten, die nachträglich zu einem grossen Stroma zusammenfliessen (Fig. 4). Es hängt nun die weitere Entwicklungsform von den äusseren Verhältnissen, insbesondere von der mehr horizontalen oder verticalen Richtung der Fläche ab, an welcher der Fruchtträger zum Vorschein kam, sowie von der Grösse der Fläche, auf welcher das Pilzmycel nach aussen hervorgetreten ist. Hat sich eine grössere Fläche mit dem Stroma bekleidet, so entsteht ein resupinater Fruchtträger, eine Kruste ohne freie sterile Oberseite (Fig. 6). Tritt das Mycel nur auf einer kleinen Fläche zum Vorschein, wird aber reichlich ernährt, so bildet sich ein mehr oder weniger consolenförmiger, seitlich in horizontaler Richtung entwickelter Fruchtträger, oder vielmehr ein Complex von dachziegelförmig übereinander stehenden, unter einander verwachsenen Consolen (Fig. 5). Der Abstand des Consolenrandes von der Basis, d. h. der

Ursprungsstelle kann bis zu 5 cm und mehr, die Dicke (Höhe) desselben ohne Stacheln dagegen 2—3 cm betragen. Wie Fig. 5 zeigt, ist aber diese Höhe schon Resultat der Verwachsung mehrerer übereinander stehender Hüte, deren zackige Ränder auf der dachförmigen sterilen Oberseite deutlich zu erkennen sind. Die eigentliche Hutsubstanz (Fig. 5 a) ist im frischen Zustande saftig und etwas gelblichweiss, dabei angenehm riechend, im trockenen Zustande ist sie rein weiss und glänzend, dabei deutlich fasrig gestreift. Die sterile Oberseite *(c)* nimmt im trockenen Zustande dieselbe gelbliche Färbung an, wie die Stacheln *(e)* und wie das völlig zersetzte Holz sie zeigt. Die Hutsubstanz besteht aus vorwiegend parallel nebeneinander verlaufenden farblosen, septirten, sehr zartwandigen, einzelne Schnallenzellen zeigenden, aber eng verästelten Hyphen, ganz analog den Fig. 9 a abgebildeten Hyphen der inneren Zahnsubstanz. Gegen die sterile Oberseite des Hutes collabiren die Hyphen zu kurzen, zackigen und borstenartigen Unebenheiten. Einen grossen Theil der Oberfläche bekleiden aber eigenthümliche, durch grubige Vertiefungen entstehende kurze Zähne (Fig. 5 c). Es sind dies in der Entwicklung zurückgebliebene Zähne, wie sie an jungen Fruchtträgern als erste Anfänge der später langpfriemenförmigen Zähne auftreten (Fig. 4). Die Oberfläche derselben zeigt eine deutliche Hymenialschicht mit reichlicher Sporenbildung. Selbstredend findet Sporenbildung auch an den kurzen Zähnen statt, die an den über die gemeinsame Oberfläche hervorstehenden Rändern der einzelnen Consolen stehen (Fig. 5 d). Auf der nach unten gekehrten Seite der Fruchtträger und bei resupinaten Fruchtträgern auf der ganzen Oberfläche entstehen die Zähne in der Fig. 4 dargestellten Weise. Aehnlich wie bei Polyporus mollis erheben sich von der Unterlage spitze Kegel oder faltig gebogene Höhenzüge, die jedoch bei Hydnum, abgesehen von späteren Verwachsungen durch Hymenialverdickungen, frei bleiben und die herabhängenden Zähne bilden (Fig. 5 e, Fig. 7). Ein solcher Zahn erreicht eine Länge bis zu 2—3 cm und hat einen rundlichen oder länglichen Querschnitt. Nachträglich verwachsen oft mehrere benachbarte Zähne vom Grund bis zu gewisser Höhe hinauf (Fig. 7, 8). Die Länge derselben ist nicht nur verschieden, vom Rande zur Basis zunehmend, sondern auch zwischen den unmittelbar nebeneinander stehenden Zähnen treten grosse Verschiedenheiten auf. Nicht selten sind die Zähne an der Spitze spatelförmig erweitert (Fig. 7). Sehr interessant ist die Bildung der Hymenialschicht dieser Zähne. Der eigentliche Kern derselben (Fig. 8 a) wird aus nahezu parallel und senkrecht verlaufenden Hyphen (Fig. 9 a) gebildet, die von der Basis bis zur Spitze des Zahnes sich erstrecken. An jungen oder an der äussersten Spitze älterer Zähne erkennt man, dass von diesen Hyphen des Kernes aus Zweige in horizontaler Richtung auslaufen, die an der Spitze meist zwei keulenförmige Basidien tragen (Fig. 9 b). Nur ein Theil dieser Basidien erzeugt auf vier zarten Sterigmen die etwas länglichen, farblosen Sporen. Noch ehe dieselben zum grössten Theile abgefallen sind, wachsen die steril gebliebenen Basidien aus, verästeln sich und bilden eine zweite Hymenialschicht über der ersten, zwischen deren Basidien die Sporen der vorhergegangenen Hymenialschicht eingeschlossen sind. Dieser Process wiederholt sich 5—8 Mal, so dass der ursprüngliche Kern des Zahnes einestheils von einer grösseren Zahl Hymenialschichten umgeben ist (Fig. 10), in welchen abwechselnd eine Schicht aus verzweigten Hyphen *a* und eine aus Basidien *b* auf einander folgen, anderentheils der Durchmesser der Zähne am Grunde so zunimmt, dass nachträgliche Verschmelzungen in grosser Menge eintreten, wie dies Fig. 7 und 8 dargestellt ist.

Die Sporen keimen in gewöhnlicher Weise, und zwar auf der Objectplatte im liquiden Wasser binnen 12 Stunden.

Die anatomische Untersuchung der verschiedenen Zersetzungsstadien des Holzes ergab, dass die Hyphen des Parasiten bei ihrem Vordringen in bisher gesunde Holztheile zunächst den Inhalt der parenchymatischen Zellen des Holzparenchyms und der Markstrahlen bräunen und nebst dem Stärkemehlinhalt auflösen und verzehren. Das Stadium, in welchem wir den Holzkörper gebräunt sehen (Fig. 1 b), ist das eben bezeichnete, ihm folgt dann alsbald ein Gelbwerden des Holzes, zunächst innerhalb des Porenkreises und der von dort ausgehenden Schwänzchen. Die Mycelfäden, welche bei der Wanderung aus einem Organe zum andern die Wandungen durchbohren, aber auch zahlreiche kurze Seitenäste aussenden, die nur den Zweck zu haben scheinen, die Wandungen zu durchbohren, schlagen hierbei immer einen zur Längsachse des Organes genau rechtwinkligen Weg ein (Fig. 11 c, d, Fig. 12 f). Oftmals, ja in der Regel, nehmen sie hierbei den kürzesten Weg von Lumen zu Lumen, dabei allerdings immer etwas feinwellig verlaufend. Nicht selten verläuft eine Hyphe von dem Lumen einer Holzfaser aus in den Wandungen mehrerer

Nachbarfasern, dabei öfters die Richtung ändernd, selbst mitten in der Wandungssubstanz sich verzweigend (Fig. 11 d zwischen c—f) und dann nach zwei verschiedenen Richtungen fortwachsend. Innerhalb der festen Holzschicht des Herbstholzantheiles des Jahresringes findet nun sehr oft zunächst eine Erweiterung der Bohrlöcher in den Wandungen statt, wie sie Fig. 12 i—i dargestellt ist. Die Auflösung erfolgt am schnellsten nahe dem Lumen der Holzfasern, am langsamsten auf der Grenze zwischen zwei Nachbarfasern, so dass eine unregelmässig geformte trichterförmige Durchbrechung der Wand sich bildet. In der Aufsicht erblickt man die unregelmässig geformte, weite innere Oeffnung und gleichzeitig die feine Durchbrechung der Aussenwandung, die nicht wesentlich grösser geworden ist, als die Hyphendicke betrug. Gleichzeitig mit dem vorbeschriebenen Auflösungsprocesse, oft auch allein auftretend, sieht man die innerste Schicht der Faser- und Tracheidenwandung von der Wandung sich loslösen und als einen, dem Anschein nach gallertartigen, etwas gekörnelten Schlauch den Innenraum ausfüllen (Fig. 11 c, e).

Ich wüsste nicht anzugeben, wodurch sich auf den ersten Blick dieser Schlauch von dem Zellschlauche einer lebensthätigen Zelle unterschiede. Oft bleibt derselbe der Wandung nahe anliegend, nur durch eine feine helle Zone von ihr getrennt, in anderen Fällen legt sich derselbe zusammen und findet sich dann oft nur auf der einen Seite des Zellinneren liegend (Fig. 11 zwischen g und a). Das gallertartige Zerfliessen der innersten Schicht setzt sich dann weiter von innen nach aussen vorschreitend fort, so dass oft die äussere Hälfte der Verdickungsschichten noch fest, die innere Hälfte gallertartig umgewandelt ist. Oft aber erfolgt auch die Umwandlung nicht von innen nach aussen, sondern zunächst auf einer Seite der Wandung vollständig, während auf der anderen Seite die Wand ihre ursprüngliche Dicke und Festigkeit beibehalten hat (Fig. 11 h). In solchen Fällen stülpt sich der gallertartige Theil der Wandung sackartig in das innere Lumen der Zelle ein. Vor der völligen Umwandlung zu Gallerte sieht man häufig noch hier und da ein Ueberbleibsel der ursprünglichen festen Wandung der Primärwandung anhaften *(i)* oder eine zusammenhängende schmale Zone derselben anliegen *(k)*, bis auch diese umgewandelt wird *(l)*. Man sieht dann im Inneren der fast unveränderten Aussenwandung eine äusserst zarte, durchscheinende, nur bei günstiger Beleuchtung erkennbare Substanz liegen *(l)*, zu deren völliger Auflösung nur wenig gehört *(m)*. Die Auflösung der bis zuletzt als zartes Skelet übrig gebliebenen Primärwandung bietet keine Besonderheiten dar. In diesen letzten Stadien entwickelt sich ein äusserst zartes reichliches Mycelium *(n)* so üppig, dass dies Hyphengeflecht jene weisse Mycelhaut liefert, die Fig. 2 b dargestellt ist. In der Aufsicht verschwinden (Fig. 12) mit der Umwandlung der Innenwandung zu Gallerte die Spalten über den Linsenräumen vollständig (Fig. 12 l), zunächst bleibt aber die äussere Umgrenzung des Linsenraumes und der Rand der verdickten Scheibe deutlich erkennbar. Die verdickte Scheibe verdünnt sich dann von dem Mittelpunkte aus nach der Peripherie fortschreitend, so dass vorübergehend drei concentrische Ringe hervortreten, von denen der innerste, immer grösser werdende, mit der völligen Verdünnung der Scheibe wieder verschwindet. Alsdann wird die zarte Schliesshaut aufgelöst (Fig. 12 o), so dass nur ein Ring die Grenze des früheren Linsenraumes markirt. Eine Körnelung der zur äussersten Feinheit reducirten Primärwandung vor der völligen Auflösung ist nicht zu bemerken.

In chemischer Beziehung ist zu bemerken, dass auch die gallertartige Substanz bei Behandlung mit Jod oder Chlorzinkjod nur eine Gelbfärbung zu erkennen giebt. Es ist desshalb diese Substanz nicht derselben Art, wie die innerste, etwas gallertartige Schicht mancher gesunden Eichenholzfasern, die sich durch Chlorzinkjod blau färben.

Die chemische Elementaranalyse desjenigen Holzes, welches in dem Fig. 2 a dargestellten Zustande sich befand, der in Betreff der Wandauflösung in Fig. 11 durch die Stadien von *e* bis *n* repräsentirt wird und dessen specifisches Gewicht auf 0,17 herabgesunken war, hat nach Schütze ergeben:

47,16 C. 5,73 H. 43,52 O + N. 3,59 Asche,

oder auf aschenfreie Substanz berechnet

48,92 C. 5,94 H. 45,14 O + N.

Es ist gewiss interessant, dass mit einer so eingreifenden Substanzverminderung, welche das Gewicht eines gleichen Volumens von 100 auf 21,8 reducirt, kaum die geringste Veränderung in dem Verhältniss der einzelnen Stoffe zu einander verbunden gewesen ist, da ja gesundes Eichenkernholz aschenfrei enthält:

48,24 C. 5,47 H. 45,29 O + N.

Nach Aussonderung der Asche, die in dem zersetzten Holze um das Vierfache grösser ist, wie im gesunden Holze, was keiner Erläuterung bedarf, hat sich nur das Verhältniss des Wasserstoffgehaltes etwas vergrössert gegenüber dem gesunden Holze. Der Kohlenstoff- und Sauerstoffgehalt hat sich nahezu um gleich geringe Mengen vermindert.

Es ist dieses Resultat auch in der Beziehung interessant, als damit die Annahme der Chemiker, als sei die Weissfäule mit einer Steigerung des Sauerstoffgehaltes verknüpft und somit ein Oxydationsprocess, widerlegt wird.

In fein zerkleintem Zustande des zersetzten Holzes löst verdünntes Ammoniak 15 % auf, also fast genau so viel, wie bei gesundem Eichenholze.

ERKLÄRUNG DER ABBILDUNGEN.

Tafel XII.

Fig. 1. Ein Stück Eichenholz, von Hydnum diversidens zerstört. Links ist das Holz noch gesund und zieht sich von oben nur ein Streifen kranken Holzes nach unten (*b*). Anfänglich ist vorwiegend nur das Frühlingsholz jeden Ringes (*c*) gelb gefärbt, die Bräunung tritt immer mehr hinter die Gelbfärbung zurück (*d*). Die Markstrahlen bleiben am längsten bräunlich. Vergr. 1.

Fig. 2. Weiteres Zersetzungsstadium. *a* Tangentalfläche mit etwas vorstehenden Markstrahlen. *b* Mycelhaut, durch Aufzehren der Frühjahrsschicht des Jahrringes entstanden. *c* Radialfläche mit nicht mehr hervortretenden Markstrahlen, braun gescheckt, *d* ganz gelb gefärbtes Holz. Vergr. 1.

Fig. 3. Erste Anfänge der Fruchtträgerbildung. Vergr. 1.

Fig. 4. Weiteres Stadium mit beginnender Zahnbildung auf der Oberfläche. Vergr. 1.

Fig. 5. Complex untereinander verwachsener consolenförmiger Fruchtträger. *a* Hutsubstanz. *b* Sterile Oberseite. *c* Gezähnte Oberseite mit Hymenialschicht bekleidet. *d*, *d* Gezähnter Rand der einzelnen Fruchtträger. *e* Herabhängende Zähne. Vergr. 1.

Fig. 6. Fruchtträgerbildung auf der Oberfläche einer Spechthöhle. *a* Gesundes Holz. *b* Gelbes, stark zersetztes Holz, welches durch eine schmale braune Zone von dem noch gesunden Holze getrennt ist. Von der Decke der Höhlung *c* hängen die Zähne in den Raum hinein, doch ist auch die fast verticale Seitenwand mit der gezähnten Schicht bekleidet. *d* ist das Schlupfloch der in der Mitte durchschnittenen Nesthöhle. Vergr. $^1/_4$.

Fig. 7. Ein Complex am Grunde nachträglich verwachsener Zähne. Vergr. 1.

Fig. 8. Ein solcher Complex am Grunde durchschnitten. *a* Die aus Längshyphen bestehende Trama (Kern), um die sich successive fünf Hymenialschichten *b* in conzentrischen Zonen gebildet haben. Vergr. 20.

Fig. 9. Längsschnitt durch die Spitze eines jugendlichen Zahnes, dessen Trama (*a*) aus parallelen Hyphen besteht, von denen Seitenäste entspringen, die je zwei Basidien zur Hymenialschicht *b* tragen. Vergr. 360.

Fig. 10. Die aus fünf Zonen bestehende Hymenialschicht vom Grunde eines älteren Zahnes. Jede Schicht besteht aus den verästelten Trägern (*a*) der nächst jüngeren Basidienschichten (*b*), von denen nur ein Theil Sporen bildet, ein anderer eine neue Hymenialschicht entstehen lässt, zwischen deren Hyphen und Basidien die Sporen der vorigen Schicht eingebettet liegen. Vergr. 360.

Fig. 11. Querschnitt durch das Holz der Eiche, an welchem der Zerstörungsprocess der Zellwandungen von links nach rechts vorschreitend dargestellt ist. *a* Gesunde Holzfaser mit nach rechts laufendem Tipfelkanal. *b* Desgl., aber die innerste Schicht der Wandung im Cellulosezustande. *c* Holzfaser, von deren Lumen nach vier Richtungen Pilzfäden resp. Bohrlöcher ausgehen. Einer verläuft nach rechts und mündet im Gefässinneren (*f*), nachdem er sich unterwegs mitten in der Wandungssubstanz verzweigt hat. *d* zeigt ebenfalls eine Gabelung im Inneren der Wandung. Von *c*—*e* hat sich als erstes Auflösungsstadium die innerste Wandschicht losgelöst und bildet einen gallertartigen Zellschlauch. *g* zeigt die horizontale Wandung einer Holzparenchymzelle. In *h* ist die linke Seite der Wandung mit Ausnahme der innersten Schicht noch unverändert, während der rechts liegende Theil sich zu Gallerte aufgelöst hat und den Innenraum der Zelle durch Einstülpung zum grossen Theil ausfüllt. Bei *i* sind nur noch Ueberreste der Wandung im festen Zustande vorhanden, während der grösste Theil zu Gallerte umgewandelt ist. Von der Innenwand ist in *k* nur ein schmaler, der Aussenwand anliegender Theil übrig, der in *l* ebenfalls zu Gallerte verwandelt ist. In *m* ist nach Aufzehrung der Gallerte nur die Primärwandung vorhanden, die in *n* ebenfalls aufgelöst worden ist. Zahlreiche Pilzhyphen bilden ein dichtes Geflecht, das an Stelle des Holzkörpers getreten ist. Vergr. 650.

Fig. 12. Dieselbe Zersetzungsreihenfolge im Radialschnitt und schwächerer Vergrösserung. *a* Gesunde Tracheide. *b* Gesundes Gefäss. *c* Gesundes Holzparenchym mit Stärkemehl. *d* Gesunde Holzfaser. *e* Mycelhaltiges Holzparenchym, in welchem der Zellschlauch gebräunt, das Stärkemehl zum Theil schon zerstört ist. *f* Holzfasern mit Mycel, welches rechtwinklig Seitenhyphen aussendet zur Durchbohrung der Wandungen. *g* Gefäss mit Füllzellen und Pilzhyphen. *h* Entleertes Holzparenchym mit Mycel. *i—i* Holzfasern mit zahlreichen Durchbohrungen der Wände. Die Weite des Bohrloches ist auf der Grenze zweier Wandungen meist die ursprüngliche geblieben, erweitert sich zum Lumen der Zelle hin aber unregelmässig trichterförmig. *k* Gefäss. *l* Holzfaser und Tracheide, deren Innenwandung nur noch als zarte Gallerte erkennbar ist. *m* Holzparenchymzelle, deren Wandungen der Zersetzung am längsten widerstehen. *n* Holzfaser mit völlig aufgelöster Innenwand. *o* Tracheiden mit aufgelöster Innenwand. Die Schliesshaut der Tipfel ist nur links oben an einigen Tipfeln noch vorhanden, an den übrigen verschwunden. *p* Letzte Zersetzungsstadien vor völliger Auflösung der Aussenwandungen und mit reichlichem Mycel. *q*, *r*, *s* Markstrahlreihen. *t u* Thyllen. Vergr. 360.

TELEPHORA PERDIX M.

Tafel XIII.

Ein in den Eichenbeständen bei Eberswalde sehr allgemein verbreiteter Zersetzungsprocess des Holzes, der aber auch in anderen Gegenden Deutschlands häufig aufzutreten scheint, ist der im praktischen Leben als Rebhuhn, Rabhuhn, Raphuhn, Rabhorn und Rehbund bezeichnete. In wie weit die eine Bezeichnung aus der anderen, ob insbesondere die zuletzt genannte aus dem Worte Rebhuhn hervorgegangen ist, erscheint ziemlich bedeutungslos. Der Name Rebhuhn ist wahrscheinlich der eigenthümlichen Färbung des in Zersetzung begriffenen Eichenholzes entlehnt, welche entfernte Aehnlichkeit mit gewissen Theilen des Rebhuhngefieders besitzt.. Da die Telephora, welche die Krankheit erzeugt, bisher nicht bekannt gewesen zu sein scheint, schlage ich den Namen Telephora Perdix für dieselbe vor.

Der Zersetzungsprocess ist ein in jeder Beziehung höchst interessanter. Derselbe tritt besonders häufig am unteren Stammende älterer Eichen auf und möchte ich nach den meisten der mir vorliegenden Beobachtungen glauben, dass die Infection von den Wurzeln ausgeht. Doch will ich mit Bestimmtheit die Infection durch Astwunden nicht in Abrede stellen. Oft sieht man die Zersetzung in mehr oder weniger geschlossenen Ringen (eine Art von Mondringigkeit) auftreten, in der Spaltfläche also in Form schmaler dunkler Streifen, in der Regel aber war das erkrankte Holz durchweg bis auf die Splintschicht dunkel rothbraun gefärbt (Taf. XIII Fig. 1). Auf diesem dunkeln Grunde treten nun weisse Flecken in der mannigfach verschiedensten Anordnung und Grösse auf. Ich habe in Fig. 1 den häufigsten Fall dargestellt, in welchem annähernd radial gruppirt weisse Flecke hervortreten, die schnell zu scharf umränderten Höhlungen mit meist schneeweisser Wandbekleidung sich auflösen. In diesem Falle ist der ganze Holzkörper von an Grösse allmählig zunehmenden Löchern gleichmässig durchfressen.

Recht oft beschränkt sich das Auftreten der weissen Flecke resp. Höhlungen auf eine Anzahl mehr oder weniger weit von einander entfernt stehender Jahresringe. Spaltet man ein solches Holzscheit in tangentaler Richtung so, dass der betreffende Jahresring freigelegt wird, so sieht man die weissen Flecke in der überraschendsten Weise in Zickzacklinien angeordnet. Die Grösse der Flecken resp. Höhlungen ist bei verschiedenen Bäumen sehr verschieden und oft so gering, dass man im ersten Augenblick an Borkenkäfergänge denkt, wenn jene Höhlungen sehr dicht zusammenstehen und mehr oder weniger in einander fliessen. In anderen Fällen sind die Flecke von Anfang an um das Dreifache grösser, als die Fig. 1 d dargestellten Höhlungen und rufen dann durch ihre blendend weisse Färbung auf dunklem Grunde dem Auge sehr angenehme Zeichnungen auffälligster Art hervor. Die anfänglich weissen Flecke lösen sich sehr bald zu scharf umgrenzten Höhlungen auf, deren Wand zwar sehr oft, aber nicht immer leuchtend weiss bekleidet ist. Nicht selten tritt an Stelle der weissen eine schmutzig-gelbliche Färbung. Die Höhlen vergrössern sich allmählig, während die dazwischen liegende Holzmasse eine grosse Festigkeit und Härte

bewahrt, selbst dem Anscheine nach an Sprödigkeit zunimmt. Fliessen nun auch bei dem Wachsthum der Höhlungen oftmals mehrere benachbarte zu einer zusammen, so lässt sich doch nicht verkennen, dass im Allgemeinen die Höhlungen sich gewissermassen gegenseitig ausweichen, dass zwischen ihnen die Scheidewände zuletzt sehr dünn werden (Fig. 2 c), die Vergrösserung der einzelnen Höhlen mehr dahin fortschreitet, wo noch dickere Scheidewände sich vorfinden, als dass eine Durchbrechung der Wände an den dünnsten Stellen vor sich geht. Zuletzt muss selbstredend eine solche auch eintreten; dann besteht der Holzkörper aber gleichsam nur aus Zellen, die einigermassen an die Frassobjecte gewisser Ameisenarten erinnern.

In den Höhlungen bemerkt man oft ein lockeres wollartiges Mycel, das zuerst weiss, später oft gelblich oder zuweilen sogar dunkelbraun gefärbt ist. Hier und da vereinigt sich das Mycel zu Strängen von Zwirnfadendicke (Fig. 2 Höhlen über b), die sich öfters durch mehrere an einander gereihte Höhlen continuirlich fortsetzen. Ich will noch erwähnen, dass im Allgemeinen die grossen Markstrahlen der Auflösung etwas längeren Widerstand leisten, woher es dann kommt, dass, wie bei Fig. 2 im Querschnitt zu sehen, die Höhlungen immer mehr zwischen den Markstrahlen lagern. Es tritt dies auch auf der Tangentalfläche (Fig. 2 c) hervor, woselbst deutlich zu sehen ist, dass die Scheidewände der Höhlungen vorwiegend den breiten Markstrahlen sich anschliessen. Dass hiervon auch Ausnahmen vorkommen, zeigt Fig. 1 e in der Tangentalansicht, in der mehrfach die Höhlungen gerade mit einem Markstrahl zusammenfallen. Diese Unregelmässigkeiten beweisen, dass die Entstehung der Flecke in keiner nothwendigen Beziehung zu den Markstrahlen stehen. Finden sich im Inneren des Baumes Spalten, wie dies ja sehr oft bei alten Eichen vorkommt, dann bleibt die Oberfläche der Spaltflächen ebenfalls völlig frei von Löchern. Der eigenthümliche Zersetzungsprocess, der sich in dem Entstehen jener Höhlungen äussert, hört etwa 1 mm unter der Oberfläche auf, die dann einem anderen Zersetzungsprocesse unterliegt (Fig. 3), der von mir untersucht und in Fig. 12 a—g dargestellt ist.

Ohne Zweifel geht auch dieser Process wesentlich von dem Mycel desselben Parasiten aus, da auf solchen Flächen gerade mit Vorliebe eine üppige Entwicklung der Fruchtträger vor sich geht. Fehlt es an derartigen glatten Spaltflächen, so sieht man die Fruchtträger sich in dem Fig. 2 bezeichneten Zersetzungszustande auf den Wandungen der Höhlen bilden, jedoch immer nur dann, wenn die Eiche bereits im Inneren mehr oder weniger hohl ist, mithin Luft und Feuchtigkeit zu den betreffenden Holztheilen gelangen kann. Unter dem Einflusse des Wassers und der Luft färben sich die letzten Zersetzungszustände des Holzes in der Regel tief schwarzbraun, etwa so, wie gebrannte Kaffeebohnen gefärbt sind.

Die Entwicklung der perennirenden Fruchtträger ist höchst interessant. Aus dem zersetzten Holze wächst das Mycelium des Parasiten hier und da auf die freie Oberfläche hervor und bildet eine dünne bräunlichgelbe, krustenartige Schicht, deren Flächenausdehnung oft nur die eines Stecknadelknopfes ist, zuweilen aber mehrere Centimeter Durchmesser erreicht (Fig. 3 a). Die Oberfläche der dünnen Schicht ist glatt, nur Sammetglanz zeigend. Der jugendliche Fruchtträger wird aus rechtwinklig zur Oberfläche stehenden, im Wesentlichen parallel verlaufenden Hyphen gebildet, die sich öfters gabelförmig verästelnd sämmtlich in der Oberfläche endigen. Gegen die Spitze nehmen sie etwas an Dicke zu und sind allseitig mit feinen recht- oder spitzwinklig abstehenden kurzen Härchen besetzt (Fig. 7, 8). Diese kleinen härchenförmigen Auswüchse der Zellwand erinnern lebhaft an manche Crystallnadeln, lösen sich aber weder in Schwefelsäure noch in Salzsäure auf und würden, falls es sich äusserlich ansetzende Bildungen wären, auch nicht so regelmässig auf den keulenförmig verdickten Theil der Basidien beschränkt sein. Ein Theil der Basidien bleibt an der abgerundeten Spitze frei von Haaren und entwickelt auf vier feinen Sterigmen die ovalen farblosen Sporen, die eine feine Körnelung zeigen (Fig. 8 d). Der grösste Theil der Basidien bleibt steril, ist auch bis zur Spitze behaart und wächst bei Beginn einer neuen Wachsthumsperiode an der Spitze weiter (Fig. 8 a, b, c), um eine neue Hymenialschicht über der ersten zu bilden. Aehnlich wie bei Hydnum diversidens entstehen Schichtungen (Fig. 4, 5, 6), welche dadurch für das Auge hervortreten, dass im äusseren Theile einer jeden Schicht die behaarten Basidien dicht gedrängt zusammenstehen (Fig. 7 a, b), der innere Theil dagegen aus den unbehaarten, sich verästelnden, locker verbundenen und zwischen sich Lufträume freilassenden Hyphen besteht. In den Zwischenräumen finden sich, wie bei Hydnum diversidens, häufig Sporen der nächst tieferen Hymenialschicht an. Der Inhalt der Basidien ist bräunlich gefärbt, wodurch die Schichtung noch deutlicher für das Auge hervortritt. Nachdem ein Fruchtträger durch eine

Reihe von neuen Schichten (bis 20 sind von mir gezählt) sich bis zu einer Höhe von 0,7 cm verdickt hat und dadurch eine nahezu halbkugelförmige Gestalt angenommen haben kann, hört das Wachsthum der Hymenialschicht ganz oder stellenweise auf. Besonders ist es bei den an verticalen Flächen sitzenden Fruchtträgern der höher gelegene Theil, der allmälig abstirbt (Fig. 3 b), während der tiefere Theil noch längere Zeit fortvegetirt. In Fig. 5 und 6 sieht man zwischen a und b das Wachsthum beendet. Sind die Fruchtträger abgestorben, so färben sie sich ganz gleichmässig tief dunkelbraun (Fig. 3 c), erhalten auch meist tiefe Risse, die nicht selten von innen nach aussen fortschreiten (Fig. 5). In Betreff der Formen ist nur noch zu erwähnen, dass häufig mehrere nahe zusammen entstandene Fruchtträger nachträglich mit einander verwachsen. Man sieht dann noch an der Gestalt der Oberfläche die Entstehung aus einer Mehrzahl von Fruchtträgern deutlich ausgedrückt (Fig. 3 c)*).

Das Mycelium ändert nach den wechselnden Verhältnissen der Ernährung sehr erheblich in der Gestalt. Wo dasselbe in das gesunde Holz eindringt, sind es farblose, nur selten eine Septirung zeigende, aber reichlich sich verästelnde dünnwandige Hyphen, die auf ihrer Aussenseite meist eine mehr oder weniger reichliche und deutliche Aussonderung einer Substanz in Körnchenform wahrnehmen lassen (Fig. 12 i, 10 i). Diese Aussonderung tritt am auffälligsten hervor an denjenigen Hyphen, die in vielen Höhlungen den Innenraum mehr oder weniger ausfüllen. Sowohl die stärkeren, als auch die feinsten Fäden zeigen auf der Oberfläche unendlich zahlreiche Körnchen, welche an vielen Stellen zu grossen bräunlichen Tropfen zusammen geflossen sind (Fig. 9). An jugendlichen Hyphen sieht man diese Körnchen, oder wie es wohl besser heisst, erstarrten Tröpfchen oftmals nicht, dagegen sind dieselben an vielen Stellen bauchig angeschwollen (Fig. 12 t), wie ich glaube, annehmen zu dürfen, in Folge davon, dass die Aussonderung gleichmässig auf der Aussenwandung der Hyphen vertheilt ist und nur hier und da in grösserer Menge den Zellfaden umgiebt. Besonders auffällig ist die schon von Anfang an hervortretende ungleiche Stärke der Pilzhyphen (Fig. 12 i), die auch bis zu den letzten Zersetzungsstadien (Fig. 12 y), sowie im Raume der Höhlen (Fig. 9) sich zu erkennen giebt. Von verhältnissmässig sehr starken Hyphen entspringen in reicher Verästelung höchst zarte Fäden, ähnlich der Verästelung der Wurzeln höherer dicotyler Pflanzen.

Die anatomische Untersuchung des zersetzten Holzes erstreckte sich zunächst auf die Veränderung des Zelleninhaltes. Die rehbraune Färbung des festen Holzes entstammt vorzugsweise dem gebräunten Inhalte der parenchymatischen Zellen, soweit solche kein Stärkemehl führen (Fig. 10 über e und in der Markstrahlreihe x t). Der Zellschlauch löst sich von der Wand ab (Fig. 12 m) und ist braun gefärbt. In vielen Parenchymzellen, auch in einzelnen Tracheiden und Holzfasern sieht man eine braun gefärbte Flüssigkeit, die im trockenen Zustande erstarrt und Risse bekommt. Diese braune Flüssigkeit verschwindet erst in der nächsten Nähe der sich erweiternden Höhlungen. Der braune Zellschlauch entfärbt sich ebenfalls vor beginnender Auflösung der Wandungen und des Stärkemehls, und erkennt man statt dessen eine regellos gekörnelte und gekräuselte Haut, den Zellschlauch vor der völligen Auflösung (Fig. 10 h, Fig. 12 l, n).

Das Stärkemehl, welches ich übrigens bei allen von mir untersuchten Holzstücken, die zum Theil tief aus dem Inneren alter Eichen stammten, in verhältnissmässig grosser Menge sowohl in den Markstrahlen als im Holzparenchym antraf, zeigt gegen die Pilzwirkung eine relativ grosse Widerstandskraft. Eine Veränderung der Stärkekörner tritt im Allgemeinen erst von der Zeit an auf, in welcher der flüssige braune Zelleninhalt verschwunden ist, jedoch erhalten sich dieselben in manchen Zellen fast unverändert bis zu der Zeit, in welcher die Wandungen der umschliessenden Zelle schon völlig aufgelöst sind (Fig. 10 über p, q), während die Nachbarzellen ihren Stärkeinhalt bereits völlig verloren haben. Ich bemerke zuvörderst, dass ich, um die Veränderungen der Stärkekörner darstellen zu können, dieselben in der Zeichnung so dunkel schattirt habe, wie sie bei Behandlung mit Jod erscheinen.

Die Auflösung der Stärkekörner giebt sich bei Behandlung mit Jod oder Chlorzinkjod zuerst dadurch zu erkennen, dass die äussersten Schichten sich entfärben, also wahrscheinlich ihren Granulosegehalt einbüssen (Fig. 12 o—p). Der dunkelblaue Kern wird immer kleiner, bis er im Centrum des Kornes ganz

*) Es dürfte berechtigt sein, diese Pilzspecies aus der Gattung Telephora auszusondern und eine neue Gattung zu bilden. Ich überlasse dies der Beurtheilung competenter Systematiker.

verschwindet. Gleichzeitig mit der Entfärbung des Kornes tritt eine deutlich doppelte Contour des Stärkekornes zum Vorschein (Fig. 12 p), deren Entstehung ich mir nicht zu deuten weiss, wenn man nicht annehmen will, dass auch das gesunde Stärkekorn eine starke, aus Cellulose bestehende Aussenschicht besitzt. Besonders auffällig ist, dass man häufig Stärkekörner im ersten Stadium der Auflösung findet, die nur auf einer Seite eine deutlich doppelt contourirte Wandung zeigen, während auf der anderen Seite trotz bereits eingetretener Entfärbung die Innenlinie nicht zu erkennen ist. In manche Parenchymzellen sieht man alle Stadien von unveränderten Körnern bis zum völlig der Granulose beraubten Zustande zusammenliegen (Fig. 10 h), andere Zellen enthalten nur noch die ausgesogenen Hüllen, die aber die ursprüngliche Form und Grösse der Körner unverändert behalten haben. Mit der endlichen Auflösung der Zellwände des Parenchyms, in der Regel derselben etwas vorangehend, findet auch die Auflösung dieser Stärkekornüberreste statt. Die dicke Wandung wird bedeutend dünner und zeigt endlich eine äusserst feine Körnelung (Fig. 12 q—r) vor ihrer völligen Auflösung.

Bei Untersuchung der Wandungsveränderungen musste ein dreifach verschiedener Process unterschieden werden. Zunächst handelte es sich um die Entstehung der weissen Flecken im festen braunen Holze und um den Auflösungsprocess, durch welchen aus den weissen Flecken die Höhlen entstehen. Dieser Process charakterisirt sich durch Umwandlung der verholzten Wandungen in Cellulose und darauf erfolgende Auflösung der Aussen- oder Primärwandung, die eine Isolirung aller Organe zur Folge hat. In Fig. 10 ist dieser Process von k—q dargestellt, in Fig. 12 von u—w. Das Farbloswerden der Wandungen und damit das Hervortreten weisser Flecke im Holze ist Folge einer Umwandlung der verholzten Wandung in Cellulose. Behandlung mit Chlorzinkjod färbt die Wandungen schön violett. Kurz nach dieser Umwandlung erfolgt die Auflösung der verbindenden Primärwandung, in Folge dessen die einzelnen Organe völlig isolirt erscheinen; selbst die einzelnen Parenchymzellen des Holzparenchyms und der Markstrahlen trennen sich nach Resorption der verbindenden Mittellamelle von einander (Fig. 10 n, Fig. 12 r, w). Länger als die übrigen Theile der Primärwand erhalten sich die scheibenförmig verdickten Schliesshäute der Tracheidentipfel, die zwischen den Tracheiden und Holzfasern zerstreut umherliegen (Fig. 10 l, m, Fig. 12 zwischen u und v, neben w). Ihrer vollständigen Auflösung geht eine Verdünnung der Mitte voran, so dass die Scheiben den Eindruck von Ringen hervorrufen. Die Tracheidenwandung, die nunmehr eine einfache ist, zeigt selbstredend auch nur einen über den Hof verlaufenden scharfen und erheblich verlängerten Spalt (Fig. 10 l, m). So lange die Cellulosewandung noch dick ist, erscheint die Umgrenzung des Linsenraumes deutlich und scharf markirt; je dünner die allmählig sich auflösende Cellulosewand wird, um so geringer wird der Unterschied in der Wanddicke des früheren Linsenraumes und der anderen Wand, um so undeutlicher wird auch der Hofraum (Fig. 10 m). In den letzten Stadien der Auflösung zeigen die Tracheiden entweder gar keine Hofraumbegrenzung mehr, dagegen eine Erweiterung der Spaltenräume, durch welche die ganze Wandung gleichsam in Spiralbänder aufgelöst wird (Fig. 10 q), oder es geht die Auflösung der Cellulose im Bereiche des früheren Tipfelraumes der Auflösung der übrigen Wandungstheile etwas vorauf; dieselbe zeigt dann an Stelle der Linsenräume entsprechende Oeffnungen (Fig. 10 o). Auch die dickwandigen Holzfasern erhalten während ihrer Auflösung und zunehmenden Wandverdünnung lange, schmale, sehr steil aufsteigende Spaltenräume über den vereinzelten kleinen Tipfeln (Fig. 10 p).

Der vorgeschilderte Zersetzungsprocess gab Veranlassung zur Entstehung der weissen Flecke und der Höhlungen. Eine gewisse Zeit hindurch sieht man die Wände der Höhlen mit schneeweissen Fasern bekleidet, ein Beweis dafür, dass derselbe Process noch unverändert sich fortsetzt. In einem weiteren Zersetzungszustande des Holzes erscheinen die Höhlen nicht mehr weiss, sondern gelblichweiss bekleidet (Fig. 2), und ergiebt nun die Untersuchung einen von dem vorigen ganz abweichenden Zersetzungsprocess, den ich Fig. 11 und in Fig. 12 zwischen x und z* dargestellt habe. Zunächst charakterisirt sich derselbe durch eine sehr üppige Mycelentwicklung in allen Organen, besonders in den Parenchymzellen und den Holzfasern. Die Wandungen werden an unzähligen Stellen durchlöchert, in den dicken Wänden der Holzfasern ziehen die feinen Pilzhyphen in den verschiedensten Richtungen hin und her und dabei nehmen die Bohrlöcher durch Auflösungsprocesse an Umfang sehr schnell zu, fliessen mit benachbarten Bohrlöchern zusammen, so dass die Wände in unregelmässiger Weise siebartig durchlöchert und zerfressen erscheinen (Fig. 11). Eine durch Reagentien nachweisbare chemische Veränderung tritt hierbei nicht hervor. Die Aussen- und Innenwandung

lässt auch keine Verschiedenheit hinsichtlich der Leichtlöslichkeit erkennen. Letztere löst sich an vielen Stellen von der ersteren ab, die letzten Spuren derselben verschwinden aber kaum früher, als die letzten, meist dreikantigen Leisten der Primärwandung, welche auf der Grenze dreier Organe durch ihre grössere Dicke auch am längsten Widerstand leisten (Fig. 11 rechts und Fig. 12 z—z*) Da die Wandung zwischen den Linsenräumen am dünnsten ist, so wird sie hier auch zuerst aufgelöst; die verdickten Scheiben der Schliesshaut fallen dann nach Auflösung der zarten, sie mit der Wand verbindenden Haut heraus und erhalten sich noch relativ lange Zeit zwischen den übrigen Zellwandresten. Da sehr oft zarte Hyphen die Scheiben, so lange sie noch in dem Linsenraume ausgespannt waren, in der Mitte durchbohren, so findet man zwischen den Trümmern auch oft solche durchwachsene Scheiben liegen (Fig. 12*). Der weitere Gang der Auflösung ergiebt sich ohne Weiteres aus der Fig. 11.

Selbstredend kommen zwischen den beiden vorbeschriebenen Arten der Zersetzung mannigfache Uebergänge vor. Welche äusseren Verhältnisse es veranlassen, dass nach Entstehung grösserer Höhlungen der erste Process in den zweiten übergeht, ob hierbei vielleicht der reichere Luftzutritt aus dem Höhlenraume zu dem vegetirenden Mycel und zu der Zellwandsubstanz eine massgebende Rolle spielt, lässt sich nicht sagen.

Es bleibt nur nun noch übrig, den Zersetzungsprocess zu besprechen, welcher dann eintritt, wenn die Holzsubstanz z. B. in Spaltenräumen unter directer Einwirkung der Luft und des Tagewassers von dem Mycel des Parasiten zersetzt wird, wie Fig. 3 in der von Fruchtträgern bedeckten Holzfläche stattgefunden hat und wie dies Fig. 12 a—g von mir gezeichnet worden ist. Unter dem fördernden Einflusse des Sauerstoffes der Luft und der Durchtränkung mit Wasser stellt sich eine äusserst üppige Mycelentwicklung ein, die sich insbesondere auch durch Dickwandigkeit und Dicke der Hyphen zu erkennen giebt. Das Innere der Organe wird von dem Mycel fast völlig ausgefüllt (Fig. 12 b, c), soweit nicht eine braune Flüssigkeit, entstanden aus löslichen Zersetzungsproducten, in denselben sich vorfindet (Fig. 12 d, e). Die Zellwände werden völlig erweicht, die Innenwand trennt sich an den meisten Stellen, jedoch nicht überall, von der Aussenwandung ab und zerfällt in wurstförmige Partikel (Fig. 12 f, g). Dasselbe geschieht alsdann mit der gallertartig erweichten und aufgequollenen Primärwandung. Auch sie zerfällt in kleine Theile, die endlich mit den übrigen Zersetzungsüberbleibseln eine unentwirrbare Masse bilden (Fig. 11 g).

ERKLÄRUNG DER ABBILDUNGEN.

Tafel XIII.

Fig. 1. Ein Stück Eichenholz: *a* gesundes Splintholz, *b* gesundes Kernholz, *c* durch Mycel von Telephora Perdix gebräunt und zersetzt, mit hervortretenden weissen Flecken, *d* die weissen Flecken sind zu weiss ausgekleideten Höhlen geworden, *e* Tangentalansicht.

Fig. 2. Weiterer Zersetzungszustand, bei *a* treten die Höhlen nur in einer bestimmten Ringzone im festen Holze auf, bei *b* dagegen ist das ganze Holz durch Vergrösserung der Hohlräume zu einer zelligen Masse umgewandelt, die auf der Tangentalansicht *c* erkennen lässt, dass die grossen Markstrahlen vorzugsweise der Auflösung Widerstand geleistet haben. Dies erkennt man insbesondere auch deutlich auf dem Querschnitt *d*.

Fig. 3. Fruchtträgerentwicklung auf einer glatt gebliebenen Spaltfläche im Inneren einer Eiche. Die jüngsten Fruchtträger *a* bilden dünne Ueberzüge. Bei älteren, stark verdickten Fruchtträgern *b* ist nur noch der untere Theil der Oberfläche lebend, der obere abgestorben und gebräunt. Bei *c* sind nur noch abgestorbene Fruchtträger. Das zellig zersetzte Holz *d* reicht bis zu 1 mm unter die dunkelbraune glatte Oberfläche *e*, *e*.

Fig. 4. Mehrjähriger Fruchtträger mit noch lebender Oberfläche. Natürliche Grösse.

Fig. 5. Aelterer Fruchtträger, welcher zwischen *a—b* schon abgestorben ist. Natürliche Grösse.

Fig. 6. Schwach vergrösserter Fruchtträger, dessen jüngste Hymenialschicht *b*, *b* nicht mehr die vorjährige *a* völlig bedeckt.

Fig. 7. Die jüngste Hymenialschicht mit Sporen tragenden und sterilen *(a)* Basidien. Vorjährige Hymenialschicht *b*. Vergr. 360.

Fig. 8. *a* Steril gebliebene Basidien mit Verästelung und haarförmigen Auswüchsen der Zellwand an der verdickten Spitze, *b* und *c* nackte Spitzen als Anfänge der Entwicklung einer neuen Fruchtschicht, *d* Sporen tragende Basidien. Vergr. 650.

Fig. 9. Mycelfäden aus dem Inneren einer Höhlung des Eichenholzes mit tropfenförmiger Aussonderung. Die Tropfen eine erstarrte Substanz bildend.

Fig. 10. Erste Art der Zersetzung, wie sie in Fig. 1 bei Entstehung der weissen Flecke und der weiss ausgekleideten Höhlen vor sich geht. *a* und *b* Tracheiden ohne und mit Mycelfäden, *c* Holzparenchym mit Stärkemehl, *d* Holzfaser aus der Schicht *b* der Fig. 1, in welcher noch keine Bräunung zu erkennen, *e* Holzparenchym, dessen Zellen mit einer braunen Flüssigkeit theilweise ausgefüllt sind. *f* Tracheiden mit Mycelfäden und einzelnen erweiterten Bohrlöchern. *g*, *h* Holzparenchymzellen, deren Zellschlauch vor der Auflösung zu einer gekräuselten, farblosen Haut umgewandelt ist. Stärkekörner, theilweise unverändert (hier dunkel dargestellt, um die Reaction auf Jod anzudeuten), theilweise in der Auflösung begriffen, die sich durch Entweichen der Granulose von aussen nach innen zu erkennen giebt. *i* Gefäss mit Mycel. *k* Holzfaser. Von *l* nach *q* reagiren die Organe auf Chlorzinkjod blau, die verbindenden Primärwandungen sind aufgelöst. Die Tracheide *l* ist noch dickwandig und zeigt desshalb noch scharfe Begrenzung des früheren Linsenraumes, darüber erweiterte Spaltenräume In *m* ist die Wandung bereits dünner, desshalb schwächeres Hervortreten des Linsenraumes. Zwischen *l* und *m* noch erhaltene Schliesshautscheiben. *n* Holzparenchym, durch Auflösung der Aussenwandungen isolirt. *o* Tracheide vor der völligen Auflösung, an Stelle der Tipfel Oeffnungen zeigend. *p* Holzfaser, mit langen Spalträumen über die Tipfel und feinem Mycel im Inneren. *q* Tracheide ohne Hofbegrenzung, aber mit langen Spalträumen. *r*, *s*, *t* drei Markstrahlreihen. Vergr. 360.

Fig. 11. Zweite Art der Zersetzung, wie sie in der Wandung älterer Höhlungen stattfindet. *a* Holzfaser, *b* Holzparenchym, beide durch üppige Entwicklung reich verästelter Mycelfäden, welche die Wandungen nach allen Richtungen durchziehen und durchlöchern, ausgezeichnet. *c* Tracheide; *d* desgleichen, nach dem Herausfallen der Schliesshautscheiben. Im oberen Theile ist auch bereits zwischen den Tipfelhöhlen die Wandung aufgelöst. *e* Holzparenchym mit grösstentheils zerfressenen Wänden, *f* Tracheiden vor der völligen Auflösung. *g*, *h*, *i* Markstrahlzellreichen mit Mycel erfüllt und vor der völligen Auflösung. Vergr. 360.

Fig. 12. Stärker vergrösserter Querschnitt durch die in Zersetzung befindlichen Organe des Eichenholzes. Von *a* nach *g* stellt die Zersetzung unter dem direkten Einfluss der Luft und des Regenwassers, *i*—*u* die Zersetzung im braun gefärbten festen Holze, *u*—*w* die Zersetzung in den weissen Flecken und Höhlen der Fig. 1, *x*—*z* die Zersetzung in der Wand der älteren Höhlen Fig. 2 dar. *a* Durchschnitt einer noch fast unveränderten Tracheide, *b* Holzfaser mit reichlichem Mycel im Innenraum, von dem aus dicke und zarte Hyphen die Wände durchbohren. *c* Holzparenchymzelle mit gebräuntem Zellschlauch und dickwandigen Mycelfäden. *d* Tracheide, deren Innenwand gallertartig erweicht und theilweise von der Aussenwand losgetrennt, auch bereits mehrfach durchlöchert ist, mit bräunlichem Inhalt, bestehend aus Flüssigkeit und Mycel. *e* Tracheide, deren Innenwand fast völlig aufgelöst ist, deren Aussenwand ebenfalls gallertartig erweicht und stellenweise angegriffen ist. *f*, *h* Tracheiden, deren beide Wandschichten in kleine Theilchen zerfallen sind, bei *g* mit einem Tropfen brauner Flüssigkeit im Innenraum. *i* Theil einer Holzparenchymzelle, in deren Innenraum von *k* aus eine Thylle eingewachsen ist. *k* Holzparenchym mit Querscheidewand, *l* desgleichen mit in Zersetzung begriffenem Innenschlauche. *m* desgl. mit gebräuntem und etwas contrahirtem Zellschlauch. *n* Markstrahlzelle mit gekörneltem Zellschlauch und gesunden Stärkemehlkörnern (durch Jod dunkel gefärbt). *o* Stärkekörner in einer einem Gefäss ausbiegenden Markstrahlzelle mit heller Randzone, als erstes Auflösungsstadium. *p* Weiteres Auflösungsstadium, mit deutlich doppelt contourirter dicker Wandung und nur noch im Centrum durch Jod sich blau färbend. *q* Völlig extrahirte Stärkekörner. *r* Auflösung der Stärkekornhüllen. *s* Thyllen, die aus der Markstrahlzelle in dies Gefäss hineingewachsen sind. *t* Reich verästeltes, nicht mit Körnern besetztes Mycel, mit deutlicher netzförmiger Verwachsung. *u* Tracheide, welche nach *v* die Celluloseumwandlung erlitten hat. Die Aussenwandung zwischen *u* und *v* ist mit Ausschluss der scheibenförmig verdickten Schliesshaut bereits aufgelöst. *v* und *w* Tracheiden, Holzparenchym und Holzfasern nach Auflösung der Primärwandung und im Cellulosezustande. Von der Holzparenchymzelle *x* nach rechts ist die Zersetzung von Fig. 11 dargestellt. Reichliches vielverzweigtes Mycel in allen Organen, welches auch im Inneren der Wandungssubstanz nach verschiedenen Richtungen wächst (*y*). Bei gleichmässiger Auflösung der Innen- und Aussenwandung finden vielfach Lostrennungen beider statt (*z*). Die zahlreichen sich schnell erweiternden Bohrlöcher in den Wandungen lassen dieselben in viele kleine Stücke zerfallen, die sich dann schnell auflösen. Bei *z** eine Scheibe mit hindurchgewachsenem Mycel. Vergr. 650.

POLYPORUS SULPHUREUS FR.

Tafel XIV.

Zu den am häufigsten auftretenden und insbesondere zu den auffälligsten Zersetzungsprocessen der Eiche gehört der durch Polyporus sulphureus erzeugte, vorzugsweise mit dem Namen „Rothfäule" bezeichnete Process. Ich habe denselben in den verschiedensten Gegenden Deutschlands wiedergefunden und will hierbei zugleich anführen, dass der besagte Parasit auch an anderen Bäumen und zwar von mir selbst an Populus alba, Pyrus communis und Juglans regia aufgefunden ist. Der Ausgangspunkt der Fäulniss ist fast immer ein Ast, zuweilen auch eine anderweite Verwundung des oberirdischen Stammtheiles. Dieselbe in der Schnelligkeit ihrer Verbreitung zu beobachten, bot sich mir keine Gelegenheit dar, doch glaube ich annehmen zu dürfen, dass sie keine geringe ist, weil die meisten von mir zur Untersuchung gezogenen Bäume durch den grössten Theil ihres Inneren zerstört waren. Da, wo die Holzzerstörung schneller von innen nach aussen vorgeschritten ist, als sich durch Anlage neuer Jahresschichten der Baum verdickt, entsteht durch Zusammentrocknen der abgestorbenen Rinde im Laufe der Zeit hier und da ein Spalt, in manchen Fällen ermöglicht auch ein Käferflugloch das Hervorwachsen des Pilzmycels nach aussen, und es erscheinen dann an solchen Stellen alljährlich aufs Neue die auffälligen, meist zahlreich übereinanderstehenden schwefelgelben Fruchtträger des Parasiten (Taf. XIV Fig. 4). Ist einmal durch das Vertrocknen und den weiteren Zerstörungsprocess der Borke an der faulen Stelle eine grössere Oeffnung entstanden, dann fallen kleinere und grössere Stücke des roth-braunen mürben Holzes heraus und der Baum wird hohl.

Das erkrankte Holz erhält zunächst eine fleisch-rothe Farbe, die dann bald in dieselbe hell-rothbraune Farbe übergeht, die wir bereits Taf. VIII und IX beim Nadelholz als Folge der Zersetzung durch Polyporus vaporarius und mollis kennen gelernt haben.

Noch in ganz festem Zustande zeigt solches Holz in den meisten grösseren Gefässen des Frühlingsporenkreises eine weisse Pilzmasse (Fig. 1 b, Fig. 7 k), durch welche sie sofort für das unbewaffnete Auge auf der Spaltfläche als feine weisse Linien, im Querschnitt als helle Punkte hervortreten. Mit zunehmender Zersetzung wird das Holz nicht allein leichter, sondern auch trockner und es stellen sich in Folge der eintretenden Volumverminderung zahlreiche, rechtwinklig aufeinander stossende Risse in demselben ein (Fig. 2).

Grössere Holzstücke lassen sich leicht wie mürber Torf in der Hand zerbrechen und zwischen den Fingern zerdrückt man die Substanz zu einem äusserst feinen gelben Mehl. In dem Fig. 2 dargestellten Zustande, jedoch unter Ausschluss der weissen Mycelhäute, besitzt dasselbe ein specifisches Gewicht im trocknen Zustande von 0,38, mithin wiegt dasselbe dann etwas weniger als die Hälfte des gesunden Holzes, dessen specifisches Gewicht 0,78 beträgt. Besonders charakteristisch für den Zersetzungsprocess ist die Erscheinung, dass die peripherisch und die radial verlaufenden grösseren Spalten, sowie etwa vorhandene anderweite Hohlräume, z. B. ausgefaulte Asthöhlen, sich mit einer weissen Pilzmasse ausfüllen, die durch

Hervorwachsen des Mycels aus der Hutsubstanz entsteht (Fig. 2 und 3). Ich besitze Pilzhäute von 3—6 mm Dicke und nahezu Meterlänge, die ganz den Eindruck des Sohlleders hervorrufen. Auch in den höheren Zersetzungsstadien ist die weisse Pilzmasse in den Gefässen erkennbar; in den horizontal verlaufenden Rissen, die überhaupt sehr klein bleiben, findet sich öfters ein weisser Mycelauswuchs ein, der in der Radialfläche weisse zarte Linien bildet, ähnlich jenen lothrecht verlaufenden Linien (Fig. 2).

Es kommt übrigens häufig genug vor, dass grössere Partieen des Bauminneren die beschriebenen weissen Pilzhäute nicht besitzen und insbesondere scheinen dieselben bei sehr hochgradiger Zersetzung auch wieder zerstört zu werden. Ein gewisser saprophytischer Pilz, der weiter unten noch erwähnt werden soll, arbeitet insbesondere an der Zerstörung der Mycelhäute. Ich kenne nur noch einen Zersetzungsprocess der Eichen, und zwar ist es der durch den Leberpilz Fistulina hepatica erzeugte, welcher wohl in Bezug auf die Färbung mit dem vorliegenden Processe verwechselt werden könnte; doch ist das durch den Leberpilz zerstörte Holz tiefer roth-braun gefärbt, zeigt keine Risse und keine mit Pilzmycel erfüllte Gefässe oder Pilzhäute. Leider fehlen mir bisher für diesen Process die letzten Zersetzungszustände und habe ich ihn desshalb noch nicht zur Veröffentlichung bringen mögen.

Die meisten hohlen Eichen, die ich angetroffen und genauer untersucht habe, waren durch den Polyporus sulphureus zerstört. Nur bei diesem Process zerfällt das Holz in trockne, meist rechtwinklige Bruchstücke, die dann von selbst nachstürzen, sobald am unteren Baumende eine Höhlung seitlich entstanden ist.

Das Mycelium des Parasiten findet sich reichlicher im Inneren der Organe des eben erkrankten, als des bereits stark zersetzten Holzes vor. Es besteht aus farblosen, in den ersten Zersetzungszuständen meist dünnwandigen, erst in späteren Stadien der Zersetzung dickwandigen, sich reichlich verästelnden Hyphen, welche, die Wandung der Organe durchbohrend, alsbald einen so stark auflösenden Einfluss ausüben, dass die Bohrlöcher ihre Weite um das Doppelte und Mehrfache vergrössern (Fig. 7 a, b, Fig. 8 b). Bei keinem Parasiten fand ich das Mycel so spärlich im Inneren der Organe mit Ausschluss der Gefässe zur Entwicklung gelangen, wie bei diesem. Nur hie und da sieht man einmal eine Hyphe. Um so reichlicher sind die Gefässe mit verästeltem und verfilztem Mycel erfüllt (Fig. 7 k), welches im Wesentlichen gleich beschaffen ist wie das Mycel, welches die Spalten und Hohlräume des Holzes ausfüllt. Insbesondere zeichnet sich dasselbe durch erhebliche Dicke der Wandungen aus (Fig. 8 k, Fig. 9 a).

Die Fruchtträger, welche annueller Art sind, erscheinen im Laufe des Sommers vorzugsweise am unteren Stammtheile aus Durchbrechungen der Borke hervortretend. Ich habe frische Exemplare schon im Mai angetroffen, wie andererseits noch im Monat September, kann aber nicht angeben, wie lange sich ein Fruchtträgerexemplar frisch am Baume erhält. Fast nie tritt ein vereinzelter, sondern immer eine Mehrzahl von Fruchtträgern an einem Punkte zum Vorscheine, die an der Basis untereinander verwachsen, dicht gedrängt übereinander stehen (Fig. 4) und eine Grösse von der Basis bis zum Hutrande von 20 cm, sowie eine Breite von gleicher Dimension erreichen.

Der einzelne Fruchtträger besitzt eine Dicke von 1—2 cm (Fig. 5 b) mit Ausschluss der Porenschicht, welche höchstens 1 cm lange Kanäle zeigt (Fig. 5 c). Die sterile, glatte, aber glanzlose Oberseite des Hutes ist fast stets mit einigen von der Basis zum Rande verlaufenden seichten Längsfurchen versehen, die den welligen Buchtungen des Hutrandes entsprechen; ausserdem zeigt die Oberfläche des Hutes flache, concentrisch verlaufende Buchtungen (Fig. 5 a). Zuweilen ist der ganze Fruchtträger mit nach aufwärts gerichtetem Rande muschelförmig, in der Regel dagegen horizontal ausgebreitet (Fig. 4). Die auffallend schwefelgelbe Färbung des Fruchtträgers hat die Veranlassung zu dem Namen des Pilzes gegeben; die Oberseite zeigt einen etwas röthlichen Farbenton. Im Alter und im trocknen Zustand verbleichen die frischen Farben, die gelbe Farbe wird mehr schmutzig braun-gelb. Die innere Substanz des Hutes (Fig. 4 b) ist rein weiss und zeigt eine käseartige Beschaffenheit; sie besteht aus vielfach und unregelmässig sternförmig verästelten, scharf doppelt contourirten, sehr spärlich septirten Hyphen (Fig. 6 a), welche ein völlig regellos verfilztes Geflecht bilden. Der Inhalt der Hyphen ist klar, an getrockneten Exemplaren nur Luft. Nur einzelne zartwandige, plasmaführende Hyphen sind hier und da den dickwandigen beigemengt. Auf der Unterseite des Fruchtträgers erheben sich, lothrecht nach unten wachsend, die Hyphen der Trama, welche, ebenfalls dickwandig, parallel laufend, septirt und hin und wieder verästelt unmittelbar aus der Hutsubstanz entspringen. Vorzugsweise in der Aussenschicht der Trama, also in der Wandung der Kanäle verlaufend, sieht

man zahlreiche, äusserst zarte, plasmareiche Hyphen, von denen hier und da kurze Seitenäste entspringen, die, sehr kurzgliedrig septirt, an der Spitze meist zwei keulenförmige Basidien unmittelbar zusammen tragen (Fig. 6 a). Ueber diese Hymenialschicht wachsen einige nicht septirte dünnhäutige, plasmaführende Hyphen (Fig. 6 e) hinaus, die wohl als Haarbildungen aufzufassen sind. Die etwas länglichen Sporen sind farblos. Die Mündung der Kanäle, deren Durchschnitt ein eckiger, deren Grösse eine sehr verschiedene ist, erscheint mehrfach eingeschnitten, zerrissen, die Wandung sehr dünn, häutig im Vergleich zur Weite des Kanales. Der Geruch sowohl im frischen, wie trocknen Zustande ist ein wenig angenehmer, etwa dem Geruche des Urines ähnlich. Es ist noch zu erwähnen, dass die Fruchtträger mehr, wie die irgend einer anderen Pilzart von gewissen Käfern heimgesucht sind, die auch in der Sammlung, wie draussen am Baume das Innere bald in feines Mehl verwandeln.

Die Zersetzung des Holzes wird von den eindringenden Pilzfäden dadurch eingeleitet, dass einestheils die Wandungen durchbohrt, die Bohrlöcher sofort erheblich durch Auflösung erweitert werden (Fig. 7 a, b, Fig. 8 b), anderentheils eine Bräunung des Zellinhaltes und der Zellwände selbst eintritt, die auf tiefgreifende chemische Veränderungen hindeutet. Die parenchymatischen Zellen, viele Holzfasern und Tracheiden (Fig. 8 c, e) füllen sich theilweise mit einer braunen Flüssigkeit an, die im trocknen Zustande eine amorphe, mit Rissen und Sprüngen versehene Substanz bildet oder in Tropfenform auftritt (Fig. 7 in dem Markstrahl n, o, p). Es ist dabei zu beachten, dass dieser bräunliche Zelleninhalt auch in den höchsten Zersetzungsstadien des Holzes sich in, wenn auch geringerer Menge vorfindet, und dass er jedenfalls einen wesentlichen Bestandtheil der in verdünntem Ammoniak löslichen Bestandtheile bildet. Diese betragen 35,3 %, während nur 64,7 % in verdünntem Ammoniak unlöslich bleiben. Ehe ich auf den interessanten weiteren Zersetzungsprocess der Wandungen eingehe, will ich zuvor das Verhalten des Stärkemehls besprechen, das einerseits der Zersetzung lange Zeit Widerstand leistet, andererseits in ihrem Verlaufe gewissermassen den Gegensatz bildet zu dem bei Telephora Perdix geschilderten Processe. In Fig. 7 über *c* und *f*, Fig. 8 in *d* und *g* sind die Stärkekörner als mit Jod behandelt zu betrachten.

Die Auflösung macht sich zunächst dadurch bemerkbar, dass die betreffenden Körner ihre scharfe Umgrenzung einbüssen, sich weniger intensiv blau färben, immer mehr zu einer formlosen bläulichen, nicht deutlich umgrenzten wolkigen Substanz auseinander fliessen. Es lässt der ganze Vorgang die Vermuthung berechtigt erscheinen, dass die Cellulose zunächst aufgelöst wird, dass die auf Jod blau reagirende Granulose sich länger erhalte und gewissermassen auseinander fliesse.

Ich habe parenchymatische Zellen beobachtet, in denen sich nur noch einige mit Jod sich hell bläulich färbende nebelige Flecke vorfanden, als Ueberreste der Stärkemehlkörner. Ich darf aber nicht unterlassen, darauf aufmerksam zu machen, dass neben dem vorbeschriebenen Auflösungsprocesse auch der bei Telephora Perdix von mir dargestellte Zersetzungsprocess in einzelnen Fällen vorkommt, dass endlich auch der Taf. XVI Fig. 9 abgebildete und unter Polyporus igniarius zu beschreibende Process von mir in dem von Polyporus sulphureus zerstörten Holze beobachtet ist.

In den gebräunten Wandungen der Holzfasern und der Tracheiden lässt sich im weiteren Verlaufe der Zersetzung derselbe Process beobachten, den wir beim Nadelholz unter Polyporus mollis schon kennen gelernt haben.

Allerdings ist es nothwendig, die Präparate längere Zeit im Wasser oder Glycerin liegen zu lassen, damit die Wandungen aufquellen. Im trocknen Zustande sind sie bei stärker zersetztem Zustande sehr dünn (Fig. 9), zerbrechlich wie Glas, so dass sie bei Anfertigung von Präparaten in unendlich viele kleine Splitter zerfallen. Im gequollenen Zustande (Fig. 8 von f nach rechts) erkennt man, dass die Innenwandung zunächst der dickwandigen Holzfasern (Fig. 8 f), später aber auch die der Tracheiden (Fig. 8 h) zahlreiche Risse erhält, die nur bis auf die Primärwandung, aber nicht in diese sich hinein erstrecken; dass diese Risse ganz regelmässig in von rechts nach links aufsteigender Spirallinie die Wandung durchziehen (Fig. 7 g, h), bei den Tracheiden (Fig. 7 l) zunächst sich die Spalten über den Tipfelräumen in derselben Richtung erweitern. Ich erinnere daran, dass bei dem ähnlichen Zersetzungsprocesse des Nadelholzes es ebenfalls die dickwandigen Herbstholzfasern sind, in deren Wandungen die Spaltungen vornehmlich entstehen, während in den dünnwandigen Frühjahrstracheiden die Contraction der Wandungssubstanz fast ganz ohne Entstehung von Spalten vor sich geht. Es sei hier noch darauf aufmerksam gemacht, dass derjenige Theil der rissigen

Innenwandung, welcher der Aussenwandung unmittelbar anliegt, immer durchsichtiger, gallertartiger und schliesslich scheinbar ganz aufgelöst wird (Fig. 8 k). In den Tracheiden tritt bei einem gewissen Zersetzungsstadium (Fig. 7 i) eine höchst eigenthümliche Erscheinung bei den Tipfeln auf, die ich Fig. 11 stark vergrössert genau dargestellt habe. Zur Erklärung dieser Gestalt bitte ich, Fig. 8 den Tipfel zwischen *k* und *l* mit Fig. 11 zu vergleichen. Die Umgrenzung des Linsenraumes und die innerste Wandung desselben, somit auch die Gestalt der schräg gestellten beiden Tipfelöffnungen sind unverändert geblieben, da diese Theile der Aussenwandung angehören, die ja an den Contractionserscheinungen keinen Theil nimmt. Dagegen sieht man Fig. 8 *k—l*, dass die Innenwandung sich zu beiden Seiten von den Rändern der spaltenförmigen Tipfelöffnungen zurückgezogen hat. Der Rand der Innenwandung wird in der Aufsicht Fig. 11 durch die grössere Ellipse gebildet. Da man in der Aufsicht die innere und die äussere Kante der etwas schräg stehenden Innenwandung erblickt, so sieht man Fig. 11 die grosse Ellipse auf den Langseiten mit doppelten Linien versehen. Bei der Beschreibung des Mycels habe ich bereits angeführt, dass in den Gefässen sich ein sehr üppiger Filz von Pilzfäden schon frühzeitig bildet, dass ferner in den Spaltenräumen des Holzes Mycelhäute entstehen. Bemerken will ich noch, dass die Organe fast sämmtlich einen etwas welligen Verlauf zeigen (Fig. 7 l, m), dass hiermit die Entstehung der horizontal verlaufenden Spalten im Holze in Zusammenhang stehen dürfte.

Besonders in den Organen des Holzparenchyms sondern sich die bei der Zersetzung frei werdenden Aschenbestandtheile ab und findet man vielfach eine ganze Reihe von grossen Krystallen oxalsauren Kalkes in denselben abgelagert (Fig. 9 b).

Die chemische Elementaranalyse des von Pilzhäuten freien, aber stark zersetzten Holzes ergab nach Herrn Schütze:

54,43 C. 5,03 H. 39,18 O. + N. 1,36 Asche, oder aschenfrei:
55,18 C. 5,10 H. 39,72 O. + N.

Als hervorragendster Charakter der Zersetzung tritt die bedeutende Vermehrung des Kohlenstoffgehaltes sofort ins Auge, wenn man diese Zahlen mit der Zusammensetzung des gesunden Eichenholzes vergleicht, welches besitzt:

48,8 C. 5,42 H. 44,88 O. + N. 0,90 Asche, oder aschenfrei:
49,24 C. 5,47 H. 45,29 O. + N.

In geringerem Masse hat eine Verminderung des Wasserstoffgehaltes, vorzugsweise eine Verminderung des Sauerstoffes stattgefunden. Weiter oben hatte ich bereits angegeben, dass die Löslichkeit des zersetzten Holzes in verdünntem Ammoniak 35,3 % beträgt, wendet man concentrirte Kalilauge an, so löst sich die ganze Zellwandsubstanz auf und bleibt nur ein äusserst zartes Skelet der primären Wandung übrig.

Es erscheint noch nothwendig, auf einen Saprophyten aufmerksam zu machen, der sich so häufig in dem von Polyporus sulphureus zersetzten Holze hohler Eichen vorfindet, dass ich ihn unter sieben derartigen Eichen fünfmal in üppigster Entwicklung vorfand. Derselbe Pilz tritt aber auch in dem gebräunten Holze grosser gestummelter Aeste auf, und hat allem Anscheine nach lediglich einen secundären Charakter. Ich habe schon desshalb das Studium seines Entwicklungsganges einer späteren Zeit vorbehalten müssen und beschränke mich hier darauf, dessen Auftreten in dem zersetzten Holze anzudeuten.

In dem Fig. 2 dargestellten Zersetzungszustande sieht man in den Organen des Holzes nicht nur dickwandige Hyphen des Polyporus sulphureus, sondern daneben auch zarthäutige, zum Theil sehr dicke, septirte und Plasma führende Fäden, von denen einzelne dünnere bis sehr feine Seitenfäden entspringen (Fig 12 a, d). Die Sporenbildung ist eine sehr üppige, so dass das Innere mancher Parenchymzellen ganz erfüllt ist. Die Sporen Fig. 10, 12 sind meist kugelrund, etwa 8 mik. gross, farblos, im frischen Zustande und in Glycerin liegend ohne erkennbare Sonderung des Inhaltes von der Wandung (Fig. 12 c), im trocknen Zustande dagegen giebt sich eine dicke Wandung und im Centrum ein Kern, wahrscheinlich ein Fetttropfen zu erkennen. Ein kleines, äusserlich sitzendes Zäpfchen bildet gewissermassen den Stiel, welcher die Sporen mit dem sie tragenden Hyphenzweige verband. Die Sporen entstehen nämlich zum grössten Theile wohl durch Abschnürung an der Spitze kurzer oder längerer Hyphenäste, anderentheils aber auch einzeln oder rosenkranzförmig durch Hyphenanschwellung (Fig. 12 b, e). Sehr oft findet man ausser den beschriebenen runden Sporen noch grössere, elliptisch geformte, deren Länge etwa 17 mik., deren Breite etwa 10 mik. beträgt,

und deren gekörneltes Plasma den Innenraum bis zur äusseren zarten Wandung ausfüllt (Fig. 12 a). Ich erwähne dieser Pilzformen nur ihres häufigen Auftretens wegen, vermeide es, Vermuthungen über die Zugehörigkeit dieser Formen zu der einen oder anderen Pilzgruppe auszusprechen, noch mehr aber, Namen dafür zu erfinden, die solange werthlos sind, als nicht der Entwicklungsgang dieser Pilze mit einiger Vollständigkeit festgestellt ist.

ERKLÄRUNG DER ABBILDUNGEN.

Tafel XIV.

Fig. 1. Ein Stück Eichenholz, durch Polyporus sulphureus gebräunt, aber noch fest, bei *a* ohne Ausfüllung der grossen Gefässe mit Pilzmycel, bei *b* mit mycelerfüllten Gefässen.

Fig. 2. Stark zersetztes Eichenholz mit Mycel von Polyporus sulphureus. Das Holz ist in Folge der Volumverminderung von radialen und peripherischen Spalten durchzogen, von denen die grösseren durch das, aus dem Holzkörper hervorgewachsene Pilzmycel ausgefüllt sind (*c. d*). Die zahlreichen, aber meist feineren, horizontal verlaufenden Risse führen keine Mycelhäute oder sind doch nur als zarte helle Linien ähnlich den mit Mycel erfüllten Gefässen markirt (*a*). Letztere erscheinen, wie in Fig. 1, im Querschnitt als helle Punkte.

Fig. 3. Querschnitt durch den inneren Theil eines von Polyporus sulphureus zerstörten Eichenstammes, verkleinert auf $^1/_4$. Die peripherischen und radialen Spaltenräume durch Mycel ausgefüllt.

Fig. 4. Fruchtträger des Polyporus sulphureus, aus der Oeffnung der Borke einer erkrankten Eiche hervorgewachsen. Vergr. $^1/_4$.

Fig. 5. Theil eines Fruchtträgers durchschnitten: *a* sterile röthlich-gelbe Oberseite; *b* weisse käseartige Hutsubstanz; *c* die Kanäle. Natürliche Grösse.

Fig. 6. Längsschnitt durch einen Theil der Hutsubstanz *a*, der Trama der Kanalwandung *b*, der die Basidien tragenden äusseren Tramahyphen *c*, von denen einestheils die Basidien *d*, anderentheils Haarbildungen *e*, entspringen. Vergr. 360.

Fig. 7. Radialschnitt durch das von Polyporus sulphureus zerstörte Holz: *a* Holzfasern, deren Wandungen durch theilweise schon stark erweiterte Bohrlöcher perforirt sind; *b* und *e* dergleichen Tracheiden; *c. f* Holzparenchym, in dessen Zellen theilweise noch unveränderte (dunkelgefärbte) Stärkekörner, theilweise schon helle, vorwiegend aus Granulose bestehende Körner, theilweise eine braune lösliche Substanz abgelagert ist; *g* geschlossene; *h* durch Längsschnitt geöffnete Holzfaser, deren Innenwandung in linksläufigen spiraligen Spalten aufgerissen ist; *i* Tracheide mit Tipfelbildung, die Fig. 11 vergrössert dargestellt ist, noch ohne Wandungsrisse; *k* Gefäss mit Mycel dicht erfüllt; *l* Tracheide geöffnet, mit meist über die Tipfel verlaufenden, theils auch daneben in der Wandung entstandenen Rissen; *m* Holzparenchym entleert, wie *l* mit welligem Wandungsverlauf und unregelmässigen, nicht spiraligen Rissen. Vergr. 360.

Fig. 8. Querschnitt durch eben solches Holz, vergrössert und nach längerem Liegen in Glycerin, wodurch die Wandungen gequollen. *a* Holzfaser, gesund, mit Tipfel ohne Correspondenz; *b* Holzfaser, von deren Lumen nach zwei Seiten Pilzhyphen gewachsen sind, die zwar schon wieder verschwunden, deren Bohrlöcher aber stark erweitert sind; *c* Holzfaser, deren Lumen vollständig durch eine braune Flüssigkeit angefüllt ist, mit peripherischen Spaltungen und radialen Rissen in der Wandung; *d* Holzparenchymzelle mit zwei unveränderten und drei bereits in Zersetzung begriffenen Stärkekörnern, deren Umfang nicht mehr scharf begrenzt erscheint; *e* Tracheide mit braunem flüssigen Inhalte und verästelten Pilzhyphen; *f* Holzfaser, deren innere Wandung in Folge des Schwindens zahlreiche Risse erhalten hat (spiralig verlaufend), auf der linken Wandungshälfte auch einen peripherischen Spalt zeigt; *g* Holzparenchym mit in völliger Auflösung befindlichen, scheinbar zerfliessenden Stärkekörnern; *h* Tracheiden mit spiraligen Rissen der Innenwand; *i* Holzparenchymquerwand; *k* Tracheide mit spiraligen Rissen der Innenwand, die von der Aussenwand durch Auflösung der Grenzschicht getrennt ist. Zwischen *k* und *l* der Durchschnitt eines in Fig. 11 stärker vergrössert in der Aufsicht gezeichneten Tipfels. Vergr. 650.

Fig. 9. Einzelne Tracheiden im trocknen Zustande der Wandungen: *a* Mycelfäden; *b* Krystall von oxalsaurem Kalk; *c* leere Tracheide. Vergr. 650.

Fig. 10. Längsschnitt durch stark zersetztes Eichenholz mit einigen Hyphen von Polyporus sulphureus und mit Sporen und Mycel eines Saprophyten: *a* Holzfasern; *b* Holzparenchym; *c* Tracheide; *d. e. f* Markstrahlzellen. Vergr. 360.

Fig. 11. Aufsicht auf den Tipfel einer stark zersetzten Tracheide (cf. Seite 4). Vergr. 900.

Fig. 12. Mycel mit Sporen eines in dem von Polyporus sulphureus zersetzten Holze sehr häufig vorkommenden Saprophyten. Vergr. 360.

POLYPORUS IGNIARIUS FR.

Tafel XV und XVI.

Es dürfte wenig Polyporusarten geben, welche in Betreff der Holzartenzahl, auf die sie angewiesen sind, den Polyporus igniarius übertreffen. Nicht allein ist er wohl der häufigste Parasit des Eichenholzes, er kommt auch, wenngleich etwas seltener, an Fagus sylvatica, an Carpinus Betulus, an Salix, Populus und ganz allgemein an den Obstbäumen, sowohl der Gattung Pyrus, wie Prunus vor. Ich möchte ihn selbst für den gefährlichsten Holzparasiten der Obstbaumplantagen halten, dessen zerstörender Wirksamkeit so viele Bäume vorzeitigen Tod nach längerem Kränkeln zu verdanken haben, jedoch ist es nöthig, noch genauer festzustellen, in welchem Masse die dem Polyporus igniarius so ähnlichen verwandten Arten, nämlich Polyporus salicinus, conchatus, fulvus etc., hierbei ebenfalls in Frage kommen. Ich beschränke mich hier auf die Darstellung der Krankheitsprocesse, wie solche an der Eiche durch diesen Pilz hervorgerufen werden, und bemerke zunächst, dass schon jüngere 50jährige Bäume von mir angetroffen sind, in welchen der Parasit von der Wundstelle aus, an welcher er eingedrungen war, die Zersetzung des Holzes über den grössten Theil des Baumes zur Folge gehabt hatte. In älteren Eichenbeständen wird man selten lange zu suchen haben, um die charakteristischen, perennirenden Fruchtträger, zumal in den oberen Baumtheilen, aufzufinden. Begünstigende Standortsverhältnisse habe ich nicht zu erkennen vermocht, wenngleich ich Gelegenheit gehabt habe, den Parasiten unter den verschiedenartigsten Verhältnissen zu beobachten.

Hervorzuheben wäre etwa nur die Beobachtung, dass in nächster Nähe von Obstgärten gelegene Eichenbestände der Gefahr der Infection besonders ausgesetzt zu sein scheinen. Junge 30- und 60jährige Eichenorte, in denen sonst die Krankheit noch nicht aufzutreten pflegt, fand ich in der Nähe einer Försterei, zu der ein grosser und alter Obstgarten gehörte, in einer Weise befallen, die zu der Vermuthung führen konnte, dass es die an den Obstbäumen befindlichen Fruchtträger von Polyporus igniarius gewesen seien, deren Sporen hierbei sich als thätig erwiesen haben. Es wird kaum nöthig sein, hervorzuheben, dass die Nähe alter kranker Eichenbestände für die jungen Orte aus demselben Grunde gefährlich ist. Zum Verbreitungsbezirke des Parasiten kann ich aus eigener Beobachtung resp. aus Zusendungen und Mittheilungen anführen, dass der Pilz allgemein verbreitet in ganz Deutschland und wenigstens dem nördlichen Frankreich ist. Bekannt ist sein Vorkommen in Schweden und dürfte es wahrscheinlich sein, dass er durch ganz Europa nicht fehlt.

Was nun die Krankheit betrifft, die durch diesen ächten Parasiten erzeugt wird, so beginnt dieselbe stets an Wundflächen des oberirdischen Stammes und zwar sowohl an Astwunden, wie an solchen Wunden der Eiche, die durch gewaltsame Lostrennung der Rinde vom Holzkörper (Schalmwunden) entstanden sind. Baumschlag, Blitzrinnen, Anfahren an einen Stamm mit dem Wagenrade u. dgl. Verletzungen können dem Pilze den Einzug in den Stamm ermöglichen.

Es liegen mir manche Beobachtungen vor, welche darauf hinleiten, anzunehmen, dass auch ältere Wundflächen noch infectionsfähig bleiben, wodurch insbesondere die Gefahr, die der Eiche durch den Parasiten droht, sehr gesteigert wird. Es ist aber diese Frage noch nicht genügend von mir durch Versuche klar gestellt. Von der Wundfläche, als dem Infectionsheerde aus verbreitet sich die Zersetzung mit Vorliebe zunächst im Splinte und Bastgewebe der Eiche weiter, von hier aus dann das Kernholz ergreifend. Taf. XV Fig. 3 zeigt die untersten Spitzen (*aa*) der vorschreitenden Zersetzung, die zunächst eine starke Bräunung des hellen Splintholzes (*b*) zur Folge hat. Wir werden später sehen, dass der reiche Gehalt des Splintholzes an Zelleninhalt das üppige Gedeihen des Pilzmycels wesentlich fördert, dass aber auch in kurzer Zeit der gesammte Zelleninhalt mit Ausschluss eines Theiles des Stärkemehls verzehrt wird, und dann an Stelle der braunen alsbald eine gelblich-weisse Farbe (*c*) tritt.

Während das Mycel im Splint voraneilt, wandert dasselbe in horizontaler Richtung langsam auch in das Kernholz des Baumes (*d*), stets zunächst das Holz braun färbend, bevor der gelb-weisse Zersetzungszustand folgt (Fig. 2 u. 3), so dass also die „Weissfäule" nach dem gesunden Holze hin stets von einem braunen Rande eingefasst ist. Stellt man einen frischen Klotz solchen erkrankten Holzes nur wenige Tage hin, so wächst auf der Unterseite und in nicht zu trockner Luft auf allen Seiten das Mycel des Parasiten aus dem Holze heraus und bildet einen zuerst hellgelben (Fig. 3 e), später rostbraun sich färbenden sammetartigen Ueberzug, der, wie wir später sehen werden, sofort Sporen bildende Poren und Kanäle auf seiner Oberfläche entstehen lassen kann.

Selbst dann, wenn in Folge zu grosser Lufttrockenheit das Mycel nicht nach aussen hervorwächst, übt der Sauerstoff der Luft doch von der Schnittfläche aus einen das Wachsthum des Pilzmycels so fördernden Einfluss, dass beim Durchschneiden derartiger Klötze sich oft auf mehrere Centimeter Tiefe von der Aussenseite durch intensiv gelbe Färbung die üppige Entwicklung des Mycels zu erkennen giebt und die Grenze, bis zu welcher diese Einwirkung stattgefunden hat, durch eine schmale dunkelbraune Linie, bestehend aus dichtem Mycelfilz, zu erkennen giebt (Fig. 2 d). Wenngleich kein anderer Parasit so gern im Splintholze vegetirt und desshalb von keinem anderen Eichenpilze so häufig Fruchtträger aus der Rinde hervorzuwachsen pflegen, so sieht man doch oft genug auch zunächst die Weiterverbreitung im Kernholze stattfinden.

Fig. 1 zeigt ein krankes Holzstück, dessen Splint (*a*) noch ganz gesund ist, dessen Kernholz (*b*) in den jüngeren Schichten, sowie im Inneren des Stammes (*d*) ebenfalls noch die normale Färbung zeigt, während ein etwa acht Jahresringe umfassender, circa 3 cm breiter Streifen die ersten Stadien der Zersetzung erkennen lässt. Dieser Streifen nahm im Querschnitt etwa die Hälfte des Kreises in Anspruch und würde mithin zu der Kategorie der sogenannten Mondringe zu zählen sein. Die zuerst rostbraune Färbung des Streifens sieht man in der Mitte durch helle Längsstreifen unterbrochen. Es erklärt sich dies einerseits dadurch, dass ja die Mitte des Streifens schon am längsten von dem Mycel des Parasiten eingenommen war, die nach innen und aussen vorhandenen braunen Grenzzonen erst nachträglich durch seitliche Verbreitung der Fäulniss entstanden sind, die, wenn auch viel langsamer, so doch neben der Verbreitung in der Längsrichtung der Organe fortschreitet. Andererseits erklärt sich die eigenthümliche Abwechselung schmaler heller mit braunen Streifen dadurch, dass, wie auf dem oberen Querschnitt deutlich zu ersehen ist, die in jedem Jahresringe von dem Frühlingsporenkreis nach aussen verlaufenden und sich zuspitzenden Gefässgruppen zuerst so stark zersetzt werden, dass sie eine weisse Färbung annehmen, während die dazwischenliegenden Theile des Jahrringes noch ihre braune Färbung bewahren. Wenn man berücksichtigt, dass das Mycel sich mit Vorliebe in den Gefässen weiter verbreitet und auch in ihnen sich üppiger entwickelt, so leuchtet es ein, dass die in unmittelbarer Nähe der Gefässe befindlichen Organe unter der längeren und intensiveren Pilzwirkung sich früher zersetzen und entfärben werden, als die übrigen Holztheile. Ich habe nicht nöthig, darauf aufmerksam zu machen, dass mit dem Fortschreiten der Zersetzung auch dieselbe gleichmässig gelb-weisse Färbung im Kernholze sich einstellt (Fig. 2), wie wir sie im Splintholze auftreten sahen. Gelingt es bei dieser seitlichen Verbreitung des Mycels demselben, hier und da etwas schneller vorzurücken, etwa durch Vermittelung von Spiegelfassern (Fig. 2 e), so geht von diesem Vorsprunge aus die Zersetzung nach oben und nach unten wiederum schneller von Statten, was aus der Zeichnung deutlich ersichtlich ist.

Nicht uninteressant ist die Frage, wie schnell die Verbreitung des Pilzes und der Zersetzung im Stamme von Statten geht. Es liegt nahe, von vornherein anzunehmen, dass die grössere oder geringere

Jahrringsbreite des Holzes und andere Verhältnisse nicht ohne Einwirkung auf die Wuchsgeschwindigkeit des Parasiten sein werden. In der That ergab die Messung der Mycelverbreitung erheblich verschiedene Resultate. An einem künstlich inficirten Baume beobachtete ich eine auf das Jahr berechnete Wuchsgeschwindigkeit im Splinte von circa 8 cm.

In mehreren Fällen gelang es, an bereits seit etwa zwanzig Jahren erkrankten Eichen das Vorrücken des Parasiten im Splintholze zu berechnen, da sowohl die horizontale Verbreitung in der Richtung der Peripherie, als auch das Wachsthum in verticaler Richtung zu bemessen ist nach dem Jahre, in welchem das Dickenwachsthum in den einzelnen Baumtheilen aufhörte. Zählt man von einem bestimmten Jahresringe aus die Zahl der Ringe bis zur Aussengrenze, so wird man da, wo das Holz noch bis zum Cambium gesund ist, die grösste Ringzahl erhalten; je näher man dem Ausgangspunkte des Parasiten sich nähert, um so mehr vermindert sich die Ringzahl und dividirt man mit der Jahrringsdifferenz auf der Grenze des gesunden und des kranken Holzes und eines beliebigen, schon längere Zeit getödteten, rückwärts liegenden Splinttheiles in die Entfernung beider gewählten Punkte, so erhält man die jährlich durchschnittlich durchwanderte Strecke des Parasiten. Weniger sicher ist die Berechnungsart aus dem Alter einer Wunde und der Länge der von der Wunde aus zu messenden zersetzten Strecke. Da man nicht bestimmt wissen kann, ob die Infection sofort nach der Verwundung oder einige Jahre später eingetreten ist, so ergiebt die Division der Jahre in die verpilzte Strecke zwar einen Anhalt für die Minimalgrösse der jährlich zurückgelegten Strecke, die aber grösser sein kann, wenn die Infection später eintrat als die Verwundung.

Nach der ersten Methode berechnet ergab sich eine Verbreitungsgeschwindigkeit des Parasiten in peripherischer Richtung von jährlich 2 cm, ein Wachsthum in der Längsrichtung des Stammes von 4 cm pro anno. Erstere Wachsthumsgeschwindigkeit war in einem zehnjährigen Zeitraume eine ziemlich constante, höchstens einmal auf 3 cm pro anno sich steigernde. Das Wachsthum in der Längsrichtung erwies sich weniger gleichmässig und deuten auch die voranstehenden Messungen an künstlich inficirten Bäumen darauf, dass die Schnelligkeit der Verbreitung unter Umständen eine erheblich grössere sein kann.

Eine der interessantesten Zersetzungserscheinungen tritt dann ein, wenn das Mycel des Polyporus igniarius in seiner Weiterverbreitung sich begegnet mit dem Mycel des Polyporus dryadeus, der zufällig denselben Baum inficirt hat. Auf der Grenze beider Zersetzungsarten bildet sich das Taf. XV Fig. 4 von mir dargestellte Holz. Links habe ich noch einen Theil des braunen, vom Mycel des Polyporus dryadeus bereits ergriffenen Holzes, in welchem jedoch schon etwas Mycel des Polyporus igniarius sich eingemischt hat, gezeichnet. Rechts prävalirt letzterer Parasit. Die Spiegelfasern sind schneeweiss und geben sowohl auf dem gelben, wie auf dem braunen Grunde dem Holze ein höchst eigenthümliches Ansehen.

Diese Grenzzone hat eine Breite von etwa 1 dm.

Ueber den Bau und Stärkemehlgehalt der weissen Markstrahlen werde ich später Näheres mittheilen.

Was nun die übrigen Eigenschaften des zersetzten Holzes betrifft, so zeichnet sich dasselbe in dem Fig. 2 links dargestellten Zustande dadurch aus, dass es äusserst leicht und weich und dabei stets ziemlich trocken ist. Das specifische Gewicht beträgt nur 0,20 im völlig getrockneten Zustande.

Mit geringer Mühe kann man grosse Scheite mit den Händen zerbrechen, mit einem Stocke tief in die mürbe Masse hineinstechen. Allerdings bestehen noch grosse Unterschiede im Gewichte und in der Festigkeit des gelb-weissen Holzes, je nachdem die Zersetzung mehr oder weniger vorgeschritten ist, was sich an Farbenveränderungen nicht wahrnehmen lässt.

Was die Beschreibung des Parasiten betrifft, so kann ich mich desshalb in der Darstellung der äusseren Formen kurz halten, weil Polyporus igniarius Fr. wohl die allgemein bekannteste Species dieser Gattung sein dürfte.

Das Mycelium ist wie bei den meisten Polyporusarten mannigfach verschieden, je nachdem dasselbe unter reichem oder beschränktem Zutritt des Sauerstoffs der Luft sich entwickelt. Anfänglich, wenn der Parasit bei seiner Wanderung in neue Gewebe eindringt, bietet sich reichliche Nahrung dar und entwickelt sich unter dem Einfluss derselben ein vielverästeltes, zarthäutiges, plasmareiches und farbloses, hier und da deutlich septirtes Mycel, dessen Hyphen eine Dicke von 2,5—3 Mik. besitzen (Taf. XVI Fig. 4 a). Besonders im Holzparenchym und in den Markstrahlzellen, zuweilen aber auch im Inneren von Tracheiden entwickelt sich das Mycel ebenso üppig und den ganzen Innenraum mit einer den Darmwindungen ähnlich

verschlungenen Mycelmasse füllend, wie dies schon bei Polyporus fulvus (Taf. VII Fig. 11) beschrieben ist (Taf. XVI Fig. 3 über a). Im weiteren Stadium der Zersetzung vermindert sich auch die Dicke der Mycelhyphen, wie dies vor Allem in Fig. 4 und Fig. 3 h—p zu beobachten ist. Die Verästelung insbesondere der zartesten Hyphen, deren Seitenäste meist rechtwinklig abstehen, ist eine so reiche, dass dadurch ein unentwirrbarer feiner Filz entsteht (Fig. 5). Sobald Holz mit solchem Mycel dem Zutritt der Luft ausgesetzt wird, tritt nicht nur eine Gelbfärbung des Mycels ein, die dem ganzen Holze einen tiefen gelben Ton verleiht, sondern die Hyphen entwickeln sich auch kräftiger. Wächst dasselbe über die Oberfläche des Holzes nach aussen hervor, so zeigen sich die Mycelfäden wieder sehr üppig und kräftig, anfangs schneeweiss, dann gelblich, zuletzt dunkel-rostbraun gefärbt.

Vom Splint aus entwickelt sich das Mycel auch im Bastgewebe (Taf. XV Fig. 3), vermag dieses in seinen an das Holz grenzenden Theilen in eine solide rostbraune Pilzmasse zu verwandeln (Taf. XV Fig. 9 e), dringt auch nach aussen in die schon zu Borke umgewandelten todten Bastschichten und gelangt so zunächst in den vertieften Borkerissen frei nach aussen. Es wächst mithin, ohne dass eine Wundfläche nothwendig wäre, das Mycelium direct nach aussen hervor und gestaltet sich zu den ersten Anfängen der Fruchtträger, wie dies Taf. XV Fig. 5 dargestellt ist. Die Färbung derselben ist eine schön rostbraune, die Oberfläche sehr fein, sammetartig glänzend, ohne erkennbare Behaarung. Durch periodisch unterbrochenes, desshalb auch für die Folgezeit innerlich durch Schichtung erkennbar bleibendes Wachsthum vergrössert sich der Fruchtträger und nimmt mannigfach verschiedene Formen an, die auf Taf. XV Fig. 6, 7, 8, 9 dargestellt sind. In der Regel entsteht zuerst ein mehr oder weniger halbkugelförmiger, auf der der Erde zugewendeten Seite mit feinen Poren versehener Fruchtträger (Fig. 6), der dann eine hufförmige Gestalt annimmt (Fig. 7 und 9). Es kommen aber auch an Aesten dieselben Formen vor, wie ich sie für Trametes Pini Taf. V Fig. 1 und für Polyporus fulvus Taf. VII Fig. 4 dargestellt habe. Zwischen dieser und der hufförmigen Gestalt bildet die Fig. 8 abgebildete, an einem Aststumpf zum Vorschein gekommene Form gewissermassen den Uebergang. Die Grösse ist ungemein variabel. Ich besitze solche in einem Maximal-Durchmesser von 0,4 m und einem Gewicht im trocknen Zustande von 4 kg., halte desshalb die Angabe einer bestimmten Grösse für zwecklos und eher irreleitend. Die auf Taf. XV in zum Theil verkleinertem Massstabe gegebenen Abbildungen repräsentiren im Allgemeinen schon ziemlich grosse Formen.

Als charakteristisch für die äussere Erscheinung dienen die meist deutlich abgesetzten Zonen, deren Zahl aber immer geringer ist, als die Zahl der Zonen oder Schichten im Inneren; ferner die glanzlose sterile Oberseite, die an älteren Exemplaren grau oder schwärzlich gefärbt ist und oft zahlreiche Risse auf der Oberseite zeigt. Diese verlaufen theils parallel mit den Zonen, theils rechtwinklig auf diese, also gewissermassen radial. Die poröse Unterseite und oftmals der Rand sind dagegen zimmet- oder rostbraun gefärbt und während der Vegetationszeit mit sammetartigem Glanze, der oft einen grau-weissen Duft erkennen lässt. Von Polyporus fulvus unterscheidet er sich dadurch, dass die sterile Fläche sich niemals fein punktirt zeigt, wie bei diesem der Fall ist (Taf. VII Fig. 1, 3 b). Durchschneidet man den Fruchtträger, der eine sehr grosse Härte besitzt, so erkennt man die Art des Wachsthumsganges und den inneren Bau. Zunächst ist zu bemerken, dass der Verlauf der Mycelfäden ein mehr oder weniger der sterilen Oberseite paralleler ist, dass an dem alljährlich sich vergrössernden Rande, d. h. auf der Grenze zwischen der sterilen Oberseite und der porösen Unterfläche, die Hyphen sich einerseits nach oben umbiegen und in der sterilen Oberfläche enden, andererseits etwas nach unten ausbiegen und dann nicht weit vom Rande die jüngsten Porenkanäle erzeugen (Fig. 10). Ein specifischer Unterschied dieser Species von Polyporus fulvus besteht darin, dass die Hyphen der Fruchtträger sofort in die rein lothrechte Richtung umbiegen, sobald sie in die Trama der Kanalwandungen übergehen, während bei jenem nahe verwandten Pilze die Hyphen der Trama dieselbe schräge Richtung beibehalten, welche sie vor dem Eintritt in die Trama besitzen. In der sterilen Oberseite des Fruchtträgers enden die Hyphen zum grossen Theile in Form völlig runder, sporenartiger Anschwellungen (Taf. XVI Fig. 2), die farblos sind und von den sehr dünnwandigen, ebenfalls farblosen und nach oben verjüngten Hyphenenden getragen werden. Es bildet sich so eine nicht braun, sondern grau gefärbte Aussenschicht, welche dadurch den anfänglich fein sammetartigen Glanz bald einbüsst, dass durch Regen und andere atmosphärische Einflüsse diese Kugeln und andere einfache Hyphenenden, die sich um und über sie hinlegen, eine fast homogene Schicht bilden. Jene Kugeln bilden sich nur auf der steril bleibenden,

nicht mehr zuwachsfähigen Oberseite, gewissermassen als Abschluss in der Entwicklung der hier endenden Hyphen, während der noch zuwachsfähige wulstige Rand der Fruchtträger keine Kugeln bildet. Es legen sich hier die zarten Hyphenenden in der Zeit der Vegetationsruhe, wahrscheinlich auch unter dem Einflusse des Regenwassers u. s. w. ebenfalls an der Spitze um und bilden dadurch die zarteren dunkleren Linien, durch welche die einzelnen Zonen im Inneren begrenzt werden.

Auf der Unterseite des Fruchtträgers entstehen die Kanäle anfänglich in Form kleiner Grübchen, welche durch das lothrecht nach unten fortwachsende parallele Hyphengewebe der Trama von einander getrennt sind (Taf. XVI Fig. 1 und Taf. XV Fig. 10). Neben der Verlängerung der älteren Kanäle findet stets unfern des Randes der Fruchtträger die Neubildung von Kanälen statt.

Die die Kanalwandung auskleidende Hymenialschicht ist analog der bei Polyporus fulvus beschriebenen gebildet, d. h. es entstehen nahe der Mündung des Kanales durch Anschwellung der Aussenhyphen die blasen- resp. kugelförmigen Basidien (Taf. XVI Fig. 1 b), die alsbald mit ihren Nachbarbasidien zu einer zusammenhängenden Schicht verwachsen. Jedes Basidium ist in der freien Aussenhälfte sehr zarthäutig, in der Basalhälfte dagegen ziemlich dickwandig. Nur ein Theil der Basidien bildet vier nicht sehr lange Sterigmen und rundliche, farblose Sporen von 6—7 Mik. Grösse (Fig. 1 c und d). Ein anderer, oft der grösste Theil bleibt steril, es schrumpft die zarte Haut nach Verlust des Inhaltes ein und bildet das Basidium dann ein napfartiges Organ (Fig. 1 e). Ein oft grosser Theil der Basidien wächst früher oder später zu anfänglich farblosen und zarthäutigen Haaren (Fig. 1 f) aus, die später dickwandig und ebenfalls rostbraun gefärbt sind (Fig. 1 g), den ganzen Kanal ausfüllen, häufig mit anderen Haaren verwachsen und dann leicht mit der äusseren dünnwandigen Hälfte des Basidiums von der dickwandigeren Basis abgerissen werden (Fig. 1 h). Ausser den dicken Haaren, die unmittelbar aus der Verlängerung der Basidien entstehen, sieht man oft zahlreiche, sehr zarte Haarbildungen, wie solche bei Polyporus fulvus vorkommen, und scheinen diese denselben Hyphen, denen die Basidien entsprangen, aufzusitzen (Fig. 1 i).

Neben diesen als nachträgliche Ausfüllungsmasse der Kanäle dienenden cylindrischen, selten auch septirten Haaren kommen, wenn auch nur einzeln, noch Haarbildungen vor, wie ich sie ähnlich bei Trametes Pini und Polyporus borealis beschrieben habe. Sie scheinen immer die Endigungen besonderer, aus dem Inneren hervorkommender Hyphen zu sein (Fig. 1 kk), sind kegelförmig, oft in der Mitte, auch wohl vor der Spitze etwas eingeschnürt, sehr dickwandig und braun gefärbt. In der Form die Mitte zwischen beiden Haarbildungen darstellend, aber in der Entstehung der ersten Art verwandt, sind die Fig. 1 l dargestellten Haare. Sie entspringen denselben Hyphen, auf denen die Basidien aufsitzen, sind aber von Anfang an in der Basis weit schmaler, als die letzteren.

Die helle Färbung, welche die Porenkanäle in der Regel zeigen, entstammt vorwiegend zahlreichen Krystallen oxalsauren Kalkes (Fig. 1 m).

Der Zersetzungsprocess des Holzes durch das Mycel des Polyporus igniarius wird zunächst dadurch eingeleitet, dass die in den Gefässen voraneilenden und von diesen aus sich erst seitlich, so insbesondere durch die Markstrahlen verbreitenden Pilzhyphen den flüssigen Zelleninhalt verzehren. Dieser besteht nun aber zum Theil in Gerbstoff und in der That scheint es dieser zu sein, der zuerst von den Pilzfäden aufgenommen und verarbeitet wird. Die in dem Gefässe Fig. 4 a und Fig. 3 c frei und reich verästelt wachsenden Hyphen sind völlig farblos; verwendet man als Reagenz Eisenchlorid, so färben sich alle Hyphen schön schwarzblau, ein Beweis, dass der Gerbstoff unverändert in das Innere der Pilzfäden aufgenommen ist. Die Umwandlung des Gerbstoffes im Inneren der Pilzhyphen erfolgt aber, wie es scheint, schnell, denn wenn man nur wenige Millimeter von der Grenze des noch gesunden pilzfreien Holzes sich mit dem Schnitte entfernt, so zeigt das Mycel nicht mehr die schön dintenblaue, sondern eine schmutzig-dunkelgrüne Färbung, die endlich wieder noch einige Millimeter tiefer in dem zersetzten Holze in Farblosigkeit übergeht.

Es ist diese Thatsache insofern von grossem Interesse, als daraus hervorgeht, dass der Gerbstoff gegenüber diesen Pilzen keineswegs dem Holze als Conservirungsmittel dient, wie hier und da angenommen ist, dass es vielmehr zuerst zersetzt wird. Dient ja doch auch das Fehlen des Gerbstoffgeruches in der Praxis als Mittel zum Erkennen eines bereits erkrankten Zustandes des Holzes. Die Beobachtung ist ferner insofern wichtig, als sie den Beweis giebt, dass die Pilze nicht allein über ihre Grenze hinaus zersetzend

einwirken, indem sie der Substanz diejenigen Stoffe entziehen, die ihnen als Nahrung dienen, sondern dass sie auch organische Stoffe in unverändertem, unzersetztem Zustande in sich aufnehmen und die Zersetzung erst im Innern selbst erfolgt.

Während das Stärkemehl anfänglich unverändert bleibt, bräunt sich im Holzparenchym und in vielen Markstrahlzellen der Zellschlauch (Fig. 3 b und b'), es füllen sich manche Zellen, selbst Sklerenchymfasern mit einer braunen Flüssigkeit (Fig. 3 d, 4 b und c) und entstammt die dunkelbraune Färbung des Holzes im ersten Zersetzungsstadium dieser braunen Flüssigkeit. Sehr bald ist der flüssige Zelleninhalt völlig aufgezehrt und eine gelb-weisse Färbung tritt an Stelle der Bräunung. Von den dickeren Hyphen entspringen schon in diesem früheren Zersetzungsstadium hier und da dünnere Fäden, die in beliebiger Richtung die Wandungen durchwachsen (Fig. 3 a', b', d). Besonders die Tracheiden, weniger die dickwandigen Holzfasern zeigen jetzt schon eine deutliche optische Verschiedenheit der innersten Grenzschicht von der zweiten Wandungsschicht.

Die nächste Entwicklungsstufe im Zersetzungsprocesse zeigt, dass die Wandung der Sklerenchymfasern und der Tracheiden mit Ausschluss der äussersten Schicht völlig in Cellulose umgewandelt ist, oder besser gesagt, die Cellulosereaction deutlich zeigt. Dieses Stadium wird in Fig. 3 von *e—i*, und in Fig. 4 von *f—n* dargestellt.

Die äusserste, die einzelnen Zellen untereinander verbindende Schicht bleibt schön goldgelb, während die inneren Schichten durch Chlorzinkjod intensiv blau gefärbt werden. Gleichzeitig mit dieser Umwandlung in Cellulose geht eine Volumverminderung vor sich, in Folge deren sich die inneren Schichten von der äussersten Schicht ganz oder theilweise lostrennen (Fig. 3 e—i), auch hier und da in der Wandungsschicht selbst Spaltungen auftreten (e). In Fig. *h* und *h'* ist die Celluloseschicht schon auf eine äusserst zarte Schicht reducirt, in *k* und *l* fehlt sie bereits ganz. Es ist selbstredend, dass die dünnere Wandung der Tracheiden sich früher völlig auflöst, wie die dicke Wand der Sklerenchymfasern. Man vergleiche Fig. 3 *h—l* mit *i* und Fig. 4 *g*, *l*, *m* mit *i* und *n*. Bei beiden Organen treten im Cellulosezustande der Innenwandung spiralig aufsteigende, langgezogene Spalten, die mit Vorliebe über die Tipfel sich fortziehen. Fig. 4 *l* ist dadurch interessant, dass die nur noch sehr dünne Cellulosewandung in der Mitte des Tipfelraumes nicht auseinandertritt, und dadurch kringelförmige Spaltenräume entstehen.

In dieses Stadium der Auflösung der inneren Wandungsschichten fällt auch die Periode der Stärkemehlauflösung, die in verschiedenartiger Weise vor sich geht. In der Regel erfolgt dies in ähnlicher Weise, wie bei Telephora Perdix, indem mit Ausschluss einer äusseren, sich vorerst nicht lösenden, durch Jod nicht gefärbten Hülle die Auflösung von aussen nach innen erfolgt und die Blaufärbung durch Jod zuletzt auch im Centrum des Kornes aufhört. Späterhin verschwindet dann auch jenes zurückbleibende Skelett (Taf. XVI Fig. 3 f, g, Fig. 4 e und t). In manchen Fällen scheint das Plasma der Zelle bei der Bildung dieses Skelettes mit betheiligt zu sein (Fig. 3 g), in der Regel ist dies nicht der Fall, zumal die Stärkemehlauflösung vorwiegend erst in einem Stadium der Zersetzung eintritt, in welchem der plasmatische Inhalt der Zellen völlig verzehrt ist. In manchen Fällen sieht man auch die Auflösung der Stärkekörner umgekehrt von innen nach aussen vorschreiten, d. h. das Stärkekorn wird gleichsam extrahirt, verliert seine Schwere, so dass es im Wasser des Objectträgers schwimmt. Mit Jod behandelt zeigt es eine hellblaue Färbung, die nur gegen den Umfang zu etwas dunkler wird (Taf. XVI Fig. 8).

Im trocknen Zustande zeigen solche Stärkekörner im Inneren grosse Risse und Spalten (Fig. 7), welche zwar, in der Regel nur vom Centrum ausgehend, den äusseren Umfang nicht ganz erreichen, die aber nicht selten das Korn auch völlig in zwei Theile zerlegen. Von der Aussenseite werden die Körner oft gleichsam angefressen, indem sich Kanäle und Löcher bilden, die das Korn nach allen Richtungen der Art zerfressen, dass zuletzt eine fein gekörnelte, durch Jod nicht mehr sich blau färbende Masse zurückbleibt (Fig. 9).

Mit der Auflösung der Innenwandung geht der linsenräumige Tipfel verloren (Fig. 3 k—n, l—m), und es bleibt nur die Schliesshaut zurück, die mit Ausnahme eines feinen äussersten Randes eine verdickte Scheibe darstellt. Es fehlt somit in der Aufsicht der der Innenwandung angehörende schräge Spalt über den Tipfeln (Fig. 4 m, p, q, r). Der scheibenförmig verdickte Theil der Schliesshaut verdünnt sich demnächst von der Mitte aus, so dass anfänglich scheinbar in derselben ein kleines Loch sich bildet, zuletzt

ein schmaler verdickter Ring an der Peripherie der Scheibe sich findet (Fig. 4 m, Fig. 3 k—l), der später ebenfalls verschwindet, so dass nur eine zarte Schliesshaut übrig bleibt (Fig. 3 l—m, Fig. 4 q, r), die aber doch von der ursprünglichen dünnen Verbindung der Scheibe mit der dicken Zellwand deutlich sich abgrenzt. Ein Herausfallen der verdünnten Scheiben erfolgt, wenn die zarte Verbindungshaut endlich aufgelöst wird (Fig. 4 r).

Nach mindestens eintägigem Liegen in Chlorzinkjod färben sich manche Stellen des zersetzten Holzes auch in diesem Stadium blau, es scheint demnach der Auflösung auch der äussersten Wandschicht eine chemische Umwandlung voranzugehen, welche sie in einen der Cellulose ähnlichen Zustand versetzt.

Während im Allgemeinen der Reichthum an Hyphen bis zu diesem Zersetzungsstadium nicht sehr gross ist und neben den zarteren Fäden die dickeren prävaliren (Fig. 3 h—l), beginnt nun eine ungemein üppige Mycelentwicklung, durch welche jedes Organ des Holzes ausgefüllt wird (Fig. 3 m—p, Fig. 5).

Die Hyphen sind äusserst reich verästelt und fast nur aus sehr zarten Fäden zusammengesetzt. Zerschneidet man derartiges Holz im noch frischen Zustande und lässt es einige Tage stehen, so steigert sich in Folge erhöhter Sauerstoffeinwirkung die Ueppigkeit des Mycelwuchses, die Hyphen werden dick und dunkelgelb gefärbt und veranlassen eine goldgelbe Färbung des Holzes bis zu einer gewissen Tiefe im Inneren desselben, die begrenzt wird von einem schmalen dunklen Striche, der aus üppig wucherndem dicken Mycelfilz gebildet wird.

Der Gang der Zersetzung des Holzes ist in Fig. 3 m—p und in Fig. 5 dargestellt.

Die dünnsten Stellen der Zellwandungen werden zunächst aufgelöst, die dickwandigsten Stellen, also die von drei oder vier Organen eingeschlossenen Intercellularkanäle mit den angrenzenden Wandungstheilen bleiben als drei- oder vierseitige scharfkantige Leisten bis zuletzt übrig.

Untersucht man derartiges, weissfaules Eichenholz auf Gewicht und chemische Beschaffenheit, so ergiebt sich, dass dasselbe nur ein specifisches Trockengewicht von 0,20 besitzt, während das gesunde Eichenkernholz 0,78 zeigt. Es ist somit das Gewicht auf nahezu ein Viertel des ursprünglichen gesunken. Ein sichtbares Schwinden, wie solches durch Auftreten von Spalten und Rissen sich zu erkennen giebt, findet nicht statt. In verdünntem Ammoniak sind nur 14,4 % löslich, mithin noch etwas weniger als im gesunden Kernholze.

Die Elementaranalyse ergab nach Schütze:

48,84 C. 5,72 H. 42,64 O. + N. 2,80 Asche, oder aschenfrei:
50,25 C. 5,88 H. 43,87 O. + N.

Es folgt aus diesen Zahlen, dass auch diese Art der „Weissfäule“ keineswegs eine Verminderung, sondern eine Vermehrung des Kohlenstoffgehaltes der Substanz herbeigeführt hat, da dieselbe aschenfrei im gesunden Zustande enthält:

49,24 C. 5,47 H. 45,29 O. + N.

Zersetzung des Eichenholzes bei gleichzeitiger Einwirkung des Mycels von Polyporus igniarius und Polyporus dryadeus.

Es kommt selbstredend nicht gerade selten vor, dass ein und dieselbe Eiche von verschiedenen Parasiten im Inneren zerstört wird, und dass dieselben auf ihren Wegen sich früher oder später auch begegnen. Es entstehen hierdurch Complicationen, die zu verstehen erst möglich ist, nachdem man den Entwicklungsgang jedes einzelnen Parasiten und die Wirkungsweise derselben für sich erkannt hat.

Von hohem Interesse ist die Art der Zersetzung, welche eintritt, wenn sich Polyporus igniarius und Polyporus dryadeus begegnen Es bildet sich alsdann auf der Grenze zwischen dem gelb-weissen Holze des von Polyporus igniarius und dem dunkelbraunen, mit weissen Längsflecken versehenen, von Polyporus dryadeus besetzten Holze eine Zone in einer Breite von 5—10 cm, in welcher, wie Taf. XV Fig. 4 zeigt, die breiten Markstrahlen und die unmittelbar daran grenzenden Fasern eine schneeweisse Farbe besitzen.

Einerseits greifen diese weissgefärbten Markstrahlen mehrere Centimeter tief in das braune Holz, welches von Polyporus dryadeus vorwiegend besetzt ist, andererseits sieht man noch auf Handbreite die Weissfärbung in dem gelb-weissen Holze, welches durch Polyporus igniarius zersetzt worden ist.

Untersucht man die weissgefärbten Markstrahlen und die angrenzenden Organe, so erhält man das Taf. XVI Fig. 6 dargestellte Bild.

In Bezug auf den Zelleninhalt charakterisirt sich dieser Zersetzungsprocess dadurch, dass der plasmatische Inhalt alsbald verschwindet, nachdem da, wo reichlich flüssiger Inhalt vorhanden gewesen ist, das Mycel des Polyporus igniarius die Organe vollständig ausgefüllt hat (Fig. 6 über b). Das Stärkemehl findet sich in den weissgefärbten Markstrahlzellen und dem angrenzenden Holzparenchym in ausserordentlich grosser Menge, und bei nahezu völliger Auflösung der einschliessenden Zellwände in nur wenig verändertem Zustande.

Berührt man die weissen Spiegelfasern mit einem Tropfen Jodlösung, so färbt sich die benetzte Fläche sofort tiefblau, da die Substanz vorwiegend aus Stärkekörnern besteht (Fig. 6 l. m. n. o. f). Es tritt hierbei die Thatsache, dass auch tief im inneren Kernholze alter Eichen grosse Mengen von Stärkemehl abgelagert sind, recht deutlich hervor, wobei allerdings zu bemerken ist, dass sich vorwiegend die breiten Markstrahlen und das unmittelbar daran grenzende Holzparenchym reich an Stärke zeigen. Erst von der Zeit an, in welcher die Wandungen der Markstrahlzellen und der daran grenzenden Organe völlig entfärbt, d. h. weiss und in Folge Auflösung der verbindenden Aussenwandungen isolirt sind, beginnt auch allmälig die Auflösung der Stärkekörner, die mit der Auflösung der Cellulosewandungen der Organe ziemlich gleichen Schritt hält, zuweilen etwas früher, zuweilen auch wohl erst später als diese völlig aufgelöst werden. Im trocknen Zustande sieht man im Inneren der Stärkekörner sich Risse und Spalten bilden (Fig. 6. 7), die oft das ganze Korn in mehrere Theile zerlegen. In anderen Fällen löst sich das Stärkekorn von aussen nach innen unregelmässig auf, indem es gleichsam angefressen wird, es ist mit anderen Worten ein ganz analoger Process, wie er im natürlichen Vegetationsprocess bei Auflösung der Stärke zu Bildungssaft beobachtet und bekannt ist.

Die Körner besitzen dann ein sehr geringes specifisches Gewicht, schwimmen im Wasser des Objectträgers und werden durch Jod nicht mehr tiefblau, sondern nur hellblau gefärbt. Die Substanz quillt im Wasser auf, die Risse verschwinden, und die Körner erscheinen alsdann in der Fig. 8 dargestellten Form. Jene Spalten scheinen desshalb grösstentheils in Folge des Zusammentrocknens der Stärkekornsubstanz entstanden zu sein.

Der Zersetzungsprocess der Zellwandungen wird durch Umwandlung der ganzen Wandung in Cellulose und fast gleichzeitige Auflösung der die Organe verbindenden äussersten Wandschicht charakterisirt. Nur die verdickten und nach der Auflösung der Aussenwandung isolirten Scheiben der Tipfelräume erhalten sich noch längere Zeit und liegen meist zerstreut zwischen den von einander getrennten Organen umher (Fig. 6 zwischen d und e). Ihrer Auflösung geht auch hier eine von der Mitte beginnende und zum Rande vorschreitende Verdünnung voraus. Die anfänglich noch dicken farblosen Wandungen der Holzfasern, Tracheiden u. s w. (Fig. 6 d—h) verdünnen sich immer mehr, bis sie vollständig aufgelöst sind.

Es ist nun gewiss eine höchst interessante Thatsache, dass aus dem gleichzeitigen Zusammenwirken zweier zersetzender Pilze in demselben Holzkörper Zersetzungserscheinungen hervorgehen, die auf den ersten Blick völlig verschieden sind von denen, welche jeder einzelne von den beiden Parasiten für sich allein hervorzurufen im Stande ist.

Wir werden aus dem nächsten Artikel, welcher die Wirksamkeit des Polyporus dryadeus bespricht, ersehen, dass dieser Pilz im Eichenholz neben verschiedenen anderen Processen auch einen solchen hervorruft, durch welchen lothrechte, längliche, rein weisse Flecke im Holze entstehen, innerhalb welcher ein ebensolcher Process stattfindet, wie wir ihn soeben, wie auch früher bereits bei Entstehung der weissen Flecke durch Telephora Perdix kennen gelernt haben. Dieser Process, bestehend in einer Umwandlung der Holzwandung in Cellulose, Auflösung der Aussenwandung und Schonung des Stärkemehls bis zum Auflösungsprocess der Cellulosewandungen wird durch das gleichzeitige Hinzutreten der Wirksamkeit des Mycels von Polyporus igniarius auf die grossen Markstrahlen des Holzes und die unmittelbar daran grenzenden Organe beschränkt, tritt in diesen aber schöner und ausgeprägter hervor, als dies bei alleiniger Wirksamkeit des

Polyporus dryadeus der Fall ist. Es ist selbstredend nicht möglich, bei dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse eine befriedigende Erklärung für diese interessanten Thatsachen aufzufinden.

ERKLÄRUNG DER ABBILDUNGEN.

Tafel XV.

Fig. 1. Ein Stück Eichenholz: *a* gesundes Splintholz; *b* gesundes Kernholz; *c* durch Mycel von Polyporus igniarius erkranktes Holz (Mondring); *d* gesundes Kernholz.

Fig. 2. Ein Stück Eichenholz: *a* gesundes Kernholz; *b* gebräunte Zone, in welche das Mycel von Polyporus igniarius erst seit kurzer Zeit eingedrungen ist; *c* hellgelbes, stark zersetztes Holz; *d* unter dem Einflusse directen Luftzutrittes tief gelb gefärbtes Holz mit scharfer, dunkler Grenzlinie; *e* durch Voraneilen des Mycels in den Markstrahlen vorzeitig zersetzte Holzpartie.

Fig. 3. Ein Stück Eichenholz, in dessen Splintschicht (*b*) das Mycel von Polyporus igniarius abwärts wächst und zunächst eine Bräunung (*a. a*), sodann eine gelb-weisse Färbung (*c*) veranlasst. Bei *d* verbreitet sich die Zersetzung auch in die Region des Kernholzes. Auf der Querschnittfläche ist das Mycel in Gestalt eines etwas buckligen, gelblichen Mycelpolsters (*e*) hervorgewachsen, das sich späterhin zimmtbraun färbt. Die Bastschicht ist stark zersetzt und scheckig gefärbt; *f* die todte Borke.

Fig. 4. Zersetzungsprocess des Eichenholzes, wie solcher eintritt, wenn das Mycel von Polyporus igniarius und Polyporus dryadeus sich zufälligerweise im Inneren der Eiche begegnet: *a* noch feste braune Holzschicht mit entfärbten grossen Markstrahlen; *b* Tangentalfläche mit hervorstehenden Markstrahlen, die Grenze zwischen dem noch festen und dem durch Polyporus igniarius bereits stark zersetzten gelben und lockeren Holze (*c*) bildend; *d* sind die Markstrahlen in der Radialfläche, vorwiegend aus Stärkemehl bestehend.

Fig. 5. Jugendlicher Fruchtträger, wie solcher in den Borkerissen (Fig. 3 f) zum Vorschein kommt. Natürliche Grösse.

Fig. 6. Etwas weiteres Entwicklungsstadium eines Fruchtträgers von Polyporus igniarius mit zahlreichen feinen Poren auf der nach unten gewendeten Seite. Natürliche Grösse.

Fig. 7. Aelterer Fruchtträger mit grauer steriler, concentrisch gefurchter und radialrissiger Oberseite und zimmetbrauner Unterseite. Verkleinerung $^1/_2$.

Fig. 8. Längsschnitt durch einen alten Fruchtträger von Polyporus igniarius, an einem alten Aststumpfe zum Vorschein gekommen. Verkleinerung $^1/_3$.

Fig. 9. Längsschnitt durch einen alten Fruchtträger von Polyporus igniarius: *a* die poröse untere Fläche; *b* die offenen, sporenerzeugenden Kanäle; *c* der in Fig. 10 vergrössert dargestellte Rand des Fruchtträgers mit den jüngsten Kanälen; *d* sterile Oberseite, auf welcher einzelne concentrische Furchen hervortreten, deren Zahl jedoch weit geringer, als die der inneren Schichten ist; *e* die zum Theil ganz in Pilzmycel umgewandelte Bast- und Borkenschicht. Natürliche Grösse.

Fig. 10. Längsschnitt durch den unteren Theil des Fruchtträgerrandes von Polyporus igniarius: *a* die jüngste aus offenen Kanälen bestehende Zone, deren Wandungen unmittelbare Fortsetzungen der Wände der älteren Kanäle (*b. b*) bilden. Jede Zone ist dadurch von der jüngeren abgeschlossen, dass die Mündungen der älteren durch in der Kanalwand entstandene Hyphen verschlossen werden. Auf eine einzelne Etage der Kanäle kommen in der Regel mehrere Wachsthumszonen der Hutsubstanz, deren Wachsthum selbstredend nur auf den eigentlichen Consolenrand (Fig. 9 c) beschränkt ist.

Tafel XVI.

Fig. 1. Längsschnitt durch die Kanalwandung eines Fruchtträgers von Polyporus igniarius in vier verschiedenen Theilen. Die Mündung des Kanals (*a*) besteht aus den anfänglich farblosen, sehr bald sich gelbbraun färbenden parallelwüchsigen, septirten und sparsam verästelten Hyphen der Trama. Die äusseren Hyphen bilden unfern der Mündung die Hymenialschicht, indem unmittelbar aus ihnen die fast kugelrunden Basidien durch Anschwellung hervorgehen (*b*). In der Basalhälfte verdickt sich die Wandung sämmtlicher Basidien, so dass die Hymenialschicht in der Aufsicht (*n*) aus dickwandigem Parenchym zu bestehen scheint. Ein Theil der Basidien erzeugt an der Spitze vier Sterigmen und fast runde Sporen (*c. d*), nach deren Entstehen, resp. Abfallen der obere zartwandige Theil der Basidien in den untern Theil gewissermassen hineingezogen wird und damit napfartige Organe sich bilden (zwischen *c* und *d*, ferner *e*). Wahrscheinlich wird schon während des Verschwindens des flüssigen Zelleninhaltes die äusserst zarte äussere Zellwandhälfte allmälig nach einwärts eingestülpt. Ein anderer Theil der Basidien (*f*) wächst zu gewöhnlichen Haaren aus, die sehr oft mit Haaren der gegenüber liegenden Wandung verwachsen und dann beim Zusammentrocknen der Tramasubstanz später abgerissen werden. Da das Haar selbst eine dicke Wandung erhält, auch Septirungen zeigt (*g*), den Hyphen der Trama ganz ähnlich gebaut ist und nur die Basidie in der Mitte dünnwandig bleibt, so findet das erwähnte Zerreissen fast stets in der Basidienmitte statt (*h*). Die abgetrennten Haare sind desshalb fast immer an der Basis bauchig erweitert. Neben den dickwandig braunen Haaren treten ähnlich wie bei Polyporus fulvus (Taf. VII Fig. 9) äusserst zarte, farblose Haarbildungen auf, welche denselben Hyphen zu ent-

springen scheinen, denen die Basidien aufsitzen (*i*). Sehr dickwandige, den Haaren von Trametes Pini ähnliche kegelförmige, unmittelbar aus dem Inneren der Trama hervortretende Haare sind *k*. *k* abgebildet und nur vereinzelt auftretend. Endlich sitzen noch auf denselben Hyphen, denen die Basidien entspringen, aber von Anfang an in seitlicher Entwicklung gegen die Basidien zurückbleibend Haarbildungen (*l. l*), welche in der Gestalt mannigfach verschieden, gleichsam eine Vermittelung bilden, zwischen den einfach fadenförmigen (*g*) und den kegelförmigen Haaren (*k*). Zahlreiche Krystalle oxalsauren Kalkes (*m*) liegen zwischen den Haarbildungen zerstreut. Vergr. $^{360}/_{1}$.

Fig. 2. Hyphen aus der sterilen Oberseite des Hutes mit kugelförmigen Anschwellungen an den dünnwandigen Spitzen.

Fig. 3. Querschnitt durch das von Polyporus igniarius zerstörte Holz: *a* Tracheide mit üppig entwickeltem Mycel erfüllt; *b* Holzparenchym mit gebräuntem Zelleninhalt und Zellschlauch; *b* desgleichen nur mit gefaltetem braunen Zellschlauche; *c* Mycel in einem Gefässe; *d* Holzfaser, deren Wand von einem Pilzfaden durchbohrt, deren Inhalt mit brauner Flüssigkeit erfüllt ist; *e* Tracheide, deren innere Wandung sich losgelöst und in Cellulose verwandelt hat; *f* Holzparenchym mit Stärkekörnern, deren Granulose fast völlig extrahirt ist, so dass nur die Hüllen noch vorhanden; *g* desgleichen, die Hüllen scheinbar unter einander verschmolzen; *h* Tracheide, deren Innenwandung bis auf einen kleinen Rest aufgelöst ist; *h* desgleichen, nur nach der oberen Seite mit schmaler Schicht der Innenwandung; *i* Holzfaser, deren Innenwand sich losgelöst hat; *k* Tracheide, nach völliger Auflösung der Innenwand, zwischen *k* und *n* eine in der Mitte bereits verdünnte Scheibe, zwischen *k* und *l* die Scheibe durch eine Drehung in der Aufsicht erscheinend; *l* Tracheide nach rechts (*m*) und nach unten mit völlig verdünnter Schliesshaut; *m* Tracheiden, nach Auflösung der Wandflächen; *n* Tracheiden; *o* Mycelfilz mit Ueberresten des früheren Holzgewebes; *p* Mycelfilz in einem Gefässe. Vergr. $^{650}/_{1}$.

Fig. 4. Längsschnitt, in welchem die, durch das Mycel von Polyporus igniarius herbeigeführten Veränderungen ersichtlich sind; *a* Gefäss mit reichlichem Mycel, welches Gerbstoff enthält; *v* eine dickwandige Thylle; *w* dünnwandige Thyllen mit secundären Thyllen; *b* Holzfaser mit braunem flüssigen Inhalte; *c* Holzparenchym, dessen Zellen theils Mycel, theils braune Flüssigkeit, theils Stärkekörner enthalten; *d* Tracheiden mit und ohne Mycel und Bohrlöchern; *e* Holzparenchym, dessen obere Zellen Stärkekörner, theilweise im Zustande der Auflösung, enthalten. Gleichzeitig beginnt auch in den Markstrahlen (*s. t*) die Stärkemehlauflösung; *f* Holzfasern mit Mycel und Bohrlöchern; *g* Tracheide, deren Innenwand sich losgelöst und in Cellulose verwandelt hat; *h* Gefäss mit Mycel; *i* Holzfaser, deren Innenwand losgetrennt, in Cellulose verwandelt und mit langen Spalten versehen ist; *k* Holzparenchym ohne Stärke, die Wandungen zunächst in dem Bereich der Tipfelgruppen in der Auflösung; *l* Tracheide, deren Innenwand über dem Hofraum gespalten, aber in der Mitte noch zusammengehalten ist; *m* Tracheide nach völliger Auflösung der Innenwand, Tipfel desshalb ohne Spalten. Die dicke Scheibe von dem Centrum aus sich verdünnend; Reihenfolge von oben nach unten fortschreitend; *n* Holzfaser, deren Innenwand spiralige Spaltungen zeigt; *o* Holzparenchym, deren Vorderwand in Auflösung begriffen ist; *p. q* Tracheiden mit meist völlig verdünnter Schliesshaut; *r* Tracheiden, deren Schliesshäute zum Theil herausfallen.

Fig. 5. Fortsetzung des vorigen Zersetzungsprocesses unter gleichzeitiger üppiger Mycelentwicklung; *a* Holzparenchym; *b. c. e* Tracheiden; *d. f* Holzfasern.

Fig. 6. Zersetzungsprocess der Markstrahlen und angrenzenden Organe bei gleichzeitiger Einwirkung des Mycels von Polyporus dryadeus und igniarius (Taf. XV Fig. 4 d): *a* Gefäss mit Thyllen, deren Wandungen mit grossen Bohrlöchern (*p*) versehen sind, die sich durch buchtigen Rand auszeichnen. Das jugendliche Mycel des Polyporus dryadeus besteht aus dicken Hyphen, denen sehr zarte Fäden entspringen (*r*). Das Mycel des Polyporus igniarius findet sich im Holzparenchym über (*b*), in den Tracheiden (*d*) und bei *q* in dem Gefässe; *b* Holzparenchym, unten von Mycel des Polyporus igniarius, in der mittleren Zelle mit Stärkehüllen, oben mit rissigen Stärkekörnern erfüllt; *c* Tracheide mit doppelter Wandung, desshalb gekreuzten Spalten; *d* Tracheide im Cellulosezustande. Zwischen *d* und *e* ist die Aussenwandung aufgelöst und sind nur noch die Scheiben übrig; *f* isolirtes Holzparenchym im Cellulosezustande mit Stärkemehl; *g. h* Holzfasern; *i* Parenchym; *k* Tracheide im Auflösungsstadium; *l. m. n. o* Markstrahlzellen mit Stärkemehl.

POLYPORUS DRYADEUS FR.

Tafel XVII.

Den durch Polyporus dryadeus erzeugten Zersetzungsprocess der Eiche habe ich sowohl bei Eberswalde, als auch an anderen Orten, z. B. bei Braunschweig, mehrfach zu beobachten Gelegenheit gehabt. Derselbe geht von den Aesten aus, veranlasst zunächst eine Braunfärbung des Holzes, sodann das Auftreten länglicher, theils gelber, theils rein weisser Flecke und Strichelchen (Fig. 1 b. c). Stets bleiben bis zu den letzten Zersetzungsstadien mehr oder weniger zahlreiche grössere oder kleinere Theile des Holzkörpers fest und von der ursprünglichen braunen Kernholzfarbe und ist dies als besonders charakteristisch hervorzuheben.

Die gelben Flecke nehmen zuweilen einen grossen Theil des Holzes ein, so dass dieses dem Taf. XII Fig. 2 dargestellten Zersetzungszustande ähnelt, von ihm sich nur durch die festen, im mürben Holze auftretenden Inseln unterscheidet. In der Regel überwiegen die weissen Flecke und Strichel, die in der Folge durch völlige Auflösung der Organe zu Höhlungen werden, deren Wände von asbestartigen weissen Fasern bekleidet sind. Die weisse Farbe des Holzes, welche durch diese Zersetzungserscheinung hervorgerufen wird, steigert sich immer mehr, zumal endlich besonders auf Tangentalflächen auch eine reichliche, weisse Mycelbildung sich einstellt, die zu dünneren Häuten hier und da heranwachsen kann. Die braunen Wandungen, durch welche die Hohlräume von einander getrennt sind, bewahren ihre feste Beschaffenheit, bis auch sie mit dem Umsichgreifen der Zersetzung in weisse (Cellulose) Fasern umgewandelt und dann aufgelöst werden. Hier und da sieht man zimmetbraune Stellen mitten in dem zersetzten Holze auftreten, in Folge der Entwicklung eines braun gefärbten Mycels.

Ein höchst eigenthümlicher und mir noch nicht genügend erklärbarer Zersetzungsprocess bildet sich auf grosse Erstreckung im Holze da, wo eine äussere Wundfläche (Astbruchfläche, Blitzschlag etc.) der Luft und dem atmosphärischen Wasser Zutritt zu dem Inneren gestattet und wo sich in Folge dessen Fruchtträger zu bilden vermögen.

Ich habe diesen Process Fig. 2 darzustellen versucht. Auch hierbei erkennt man die braunen festen Holzpartieen (*a*) noch reichlich, unterbrochen von zimmetbraunen, von Mycel ausgefüllten Stellen (*b*), die ich dadurch noch zu markiren gesucht habe, dass ich das filzige Mycel über den Rand des Holzklotzes habe hinaustreten lassen.

Je näher dem Fruchtträger, um so mehr verwandelt sich das ganze Holz in rostbraunen Mycelfilz (*c*), in dem hier und da schwarzbraune feste Flecke, gebildet aus Nestern dickwandigen Mycels, auftreten. Es unterscheidet sich dieser Zustand in keiner Weise von der Substanz in der Basis des Fruchtträgers (Fig. 3 a) und geht auch unvermittelt in diese über. Das Auffallendste und mir bisher völlig Unerklärte sind die eigenthümlichen, regellos nach allen Richtungen verlaufenden und sich vielfach verästelnden, schmalen Gänge, die von der Weite einer dicken Stecknadel nur theilweise von zarten Strängen weissen

Mycels ausgefüllt sind (*d*). Sie gehen nicht in die Substanz des Fruchtträgers hinein, wie dies Fig. 2 an der Vorderecke zeigt.

Das specifische Gewicht des in Fig. 1 rechts dargestellten Zersetzungsstadiums beträgt 0,32, steht also im Verhältniss zu dem gesunden Eichenholze (0,78), wie 41 : 100. Es entstammt dieses geringe Gewicht vorzugsweise den zahllosen, nur mit feinen, weissen Fasern locker erfüllten Leerräumen.

Das Mycelium des Parasiten, welches sich zunächst und überhaupt am üppigsten in den Gefässen entwickelt (Fig. 6 a), ist anfänglich farblos und besteht aus dicken, aber zartwandigen, septirten Hyphen, denen viele sich wiederum verästelnde, äusserst feine Fäden entspringen. Sowohl in den gelblichen als auch den weissen Flecken sieht man ausserhalb der Gefässe fast nur sehr dünne Hyphen, deren Zartheit zum Theil das Erkennen selbst bei Vergrösserung von 360 kaum möglich macht und die ich desshalb nur als einfache feine Linien andeuten konnte. Anders gestaltet sich das Mycel da, wo die zimmetbraunen Flecke (Fig. 1 d) entstehen oder die Umwandlung des ganzen Holzkörpers in Mycel stattgefunden hat (Fig. 2 c). Sowohl in den Holzfasern (Fig. 7 a), im Parenchym *d*, in den Gefässen *c*, als auch ausserhalb derselben, d. h. in den nach Zerstörung der Gewebe sich bildenden Räumen (Fig. 7 h) besteht das Mycel aus braun gefärbten, sehr dickwandigen, reich verästelten, dem Anscheine nach wenig septirten Hyphen, denen unmittelbar seitlich oder als Fortsetzung der abgerundeten Spitzen äusserst zarte farblose Hyphen entspringen.

Wo sich in höheren Zersetzungszuständen weisser Mycelfilz bildet, treten die dicken und dickwandigen Hyphen gegenüber den zarten, farblosen Fäden zurück, fehlen auch wohl ganz.

Die Fruchtträger des Parasiten sind im Allgemeinen selten und ist es mir überhaupt trotz eifrigsten Suchens erst viermal geglückt, mehr oder weniger arg zerstörte, abgestorbene Exemplare zu finden, von denen ich den kleinsten und noch am besten erhaltenen abgebildet habe (Fig. 3). Leider bin ich hierdurch ausser Stande gesetzt, eine genauere Beschreibung des Fruchtträgers zu geben, dessen Färbung und Substanzbeschaffenheit im lebenden Zustande mir unbekannt ist. Der Fruchtträger, dessen Gesammtgrösse bis auf 20 cm Höhe und 25 cm Breite resp. Tiefe steigen kann, hat eine meist hufförmige Gestalt. Seine Hauptmasse (Fig. 3 a) bildet ein Füllsel von derselben Beschaffenheit, welche Fig. 2, Vorderecke, dargestellt ist. Diese körnige, schwarzbraune, harte, aber zerreibliche Masse bildet ein mehr oder weniger abgerundetes Polster, welches auf der Oberseite bei alten Exemplaren von einer sehr dünnen, etwas faserigen, rauhen, hell gelbbraunen Schicht bekleidet ist. Von dem bezeichneten Polster aus entspringen erst auf der Vorderseite ein oder mehrere übereinander stehende, untereinander verwachsene Consolen. Eine seidenglänzende, parallelfaserige Hutsubstanz (*c*), welche bei einer einfachen Console selten über 1 cm stark ist, verläuft zum Hutrande (*d*), der nach unten gebogen und bis zum äussersten Rande auf der Unterseite mit Porenkanälen besetzt ist, wodurch derselbe eine stumpfwinklige Gestalt annimmt. Die Kanäle (*e*) sind etwas verschieden und zwar der Basis der Console zunächst meist länger als nahe dem Rande, sie können eine Länge bis zu 2 cm erreichen, sind sehr zart, ähnlich gefärbt wie bei Polyporus fomentarius, im trocknen Zustande wenigstens etwas weiter als bei diesem Pilze. Die Trama besteht aus parallelläufigen, braunen, septirten Hyphen (Fig. 4 a), deren äussere die farblosen, zarten Basidien (*b*) und wenig längere, ebenfalls zarte und farblose pfriemenförmige Haare (*c*), sowie zarte Hyphen (*d*) in noch nicht genügend aufgeklärter Weise tragen. Die Sporen (*e*) sind rostbraun gefärbt.

Der Zersetzungsprocess des Holzes ist insofern ein complicirter, als in nächster Nähe nebeneinander die verschiedenartigsten Erscheinungen auftreten. Fig. 5 zeigt im Querschnitt schwach vergrössert bei *a* braunes, noch festes Holz, bei *b* einen weissen Fleck, bei *c* ebenfalls einen weissen Fleck mit üppigem Mycel, bei *d* einen rostbraunen, nur aus Pilzmycel bestehenden Fleck. Es fehlt in der Zeichnung nur noch eine Partie mit gelbem Fleck, um alle Zustände zu vereinigen. Nachfolgend werde ich zunächst die Zersetzung in den sich gelb färbenden Flecken (Fig. 1 c) beschreiben. Sie geht, wie auch die anderen Zersetzungsformen, von dem braunen, noch festen Zustande aus, den ich Fig. 6 *a*—*d* dargestellt habe. In dem festen gebräunten Holze sieht man zahlreiche, ja vielleicht die meisten Markstrahlzellen und viel Parenchym mit einer bräunlichen, oft in Tropfenform auftretenden Flüssigkeit erfüllt, die sehr selten auch eine Art von Wandbekleidung in den Holzfasern bildet und diese dadurch auch bräunt (*d*). Daneben tritt im Markstrahl und Holzparenchym Stärkemehl auf, das ich Fig. 5 durch schwarze Punkte angedeutet habe. Die Wandungen

sämmtlicher Organe zeigen im Allgemeinen sparsam auftretende Pilzbohrlöcher, die sich, wie auch schon Taf. XVI Fig. 6 a dargestellt wurde, durch bedeutende Grösse und den eigenthümlich unregelmässig ausgebuchteten Rand auszeichnen. Selbst die zartesten Hyphen veranlassen alsbald die Entstehung eines Loches, dessen Weite die eines gehöften Tipfelraumes erreicht oder übertrifft. Die Gelbfärbung hat nun zunächst ihren Grund im Verschwinden des flüssigen und körnigen Zelleninhaltes (*c*), die Auflösung der Wandungen erfolgt dann im Allgemeinen vom inneren Lumen nach aussen fortschreitend, wobei die Substanz im verholzten Zustande verbleibt, d. h. durch Chlorzinkjod nicht blau, sondern gelb gefärbt wird. Eine Ausnahme bilden nur die letzten Stadien der Zellwände vor der völligen Auflösung. Sowohl die Schliesshäute der Tipfel als auch die zarten letzten Reste der Wandungen färben sich mit Chlorzinkjod blau. Die allmälige Auflösung hat auf die Gestalt der Tipfel den in Fig. 6 f. h. l. m dargestellten Einfluss.

Die verdickte Scheibe tritt mit scharfer Randlinie in dem Linsenraume hervor (*f* oben), worauf dann in vielen Fällen ein noch etwas kleinerer Ring zu erkennen giebt, dass der Rand der Scheibe wulstig verdickt ist (*f* unten). In anderen Fällen hat der verdickte Scheibenrand eine grosse Breite, so dass die Scheibe mehr als eine dicke und nur in der Mitte verdünnte Platte hervortritt (*h* oben). Nicht selten hat die Verdünnung in der Mitte der Scheibe eine schräge Form und drängt mit ihrem Wachsthum den verdickten Rand auf zwei gegenüberliegende Seiten, so dass der Tipfel die Lippenform annimmt (*h* unten). Eine hierbei genau in der Mitte auftretende, kleine Verdickung weiss ich mir nicht zu deuten. Ueberreste dieser letzteren bleiben als kleines Pünktchen oft bis unmittelbar vor völliger Auflösung mitten auf der Schliesshaut sitzen (*l* in der Mitte). Zuletzt verschwindet der verdickte Scheibenrand gänzlich, es zeigt die Schliesshaut sich als äusserst zarte gleichmässige Haut (*l. m* unten), die dann etwas früher verschwindet, als der übrige Theil der Zellwandung (*m* oben).

Die Holzfasern, die sich ebenfalls successive von innen nach aussen verdünnen, zeigen besonders auffallend grosse Pilzbohrlöcher (*k*), und scheint aus dem Umstande, dass oft noch die äusserst zarten Hyphen erkennbar sind, geschlossen werden zu dürfen, dass die Auflösung vom Rande des Bohrloches eine ungemein schnelle sei, wie dies ja bereits bei den ersten Zersetzungsstadien Fig. 6 a auffällig hervortrat.

Im Gegensatze zu dem vorbeschriebenen Zersetzungsprocesse steht derjenige, durch welchen die weissen Flecke im Holze entstehen (Fig. 5 b, Fig. 1 b). Derselbe ist in Fig. 6 von *p* nach *w* dargestellt und zeichnet sich durch Umwandlung der gesammten Wandungssubstanz in Cellulose, Auflösung der äusseren Wandung und dadurch Isolirung der Organe vor Eintritt der weiteren und völligen Auflösung aus. Es ist hierbei zunächst die auffällige Erscheinung zu constatiren, dass bei den dickwandigen Holzfasern, ähnlich wie Taf. X Fig. 5 für Fichtenholz dargestellt ist, sich zuerst die innere Hälfte der Innenwandung in Cellulose verwandelt (Fig. 6 p), so dass scheinbar eine Cellulosewand in einer Holzwandung eingeschachtelt liegt. Im Verlaufe der weiteren Zersetzung verwandelt sich auch die äussere Hälfte der Wandung in Cellulose, nachdem zuvor eine vollständige Lostrennung der inneren von der äusseren Hälfte stattgefunden hat. Es liegen dann (*u*) zwei deutlich getrennte Cellulosewandungen in einander eingeschachtelt. Die sogenannte Primärwandung wird unmittelbar nach deren Umwandlung in Cellulose aufgelöst, so dass die Innenwand, über deren vereinzelte Tipfel lange schmale Spalten sich bilden, von den Nachbarorganen isolirt wird. Im letzten Auflösungsstadium (*w*) wird die zarte Cellulosewand fein molekular gekörnelt, wie dies auch bei den zartesten Zellhäuten der übrigen Organe, z. B. der Markstrahlzellen unter *v*, der Fall ist. Die Tracheiden *q. r. s*, welche immer durch ihre ganze Wandung hindurch gleichzeitig in Cellulose umgewandelt und nach der alsbald darauf eintretenden Auflösung der Aussenwand ebenfalls isolirt werden, erhalten nach der Blaufärbung durch Chlorzinkjod dadurch ein sehr charakteristisches Ansehen, dass die scheibenförmig verdickten Schliesshäute an der Umwandlung zu Cellulose nicht theilnehmen, desshalb als intensiv goldgelb gefärbte Scheiben auf und zwischen den Cellulosewänden liegend, höchst auffällig hervortreten. Ihr Rand ist schmal, aber stark verdickt und löst sich oft von der gelben Scheibe ab, so dass diese nur an einer Seite den gelben ringförmigen Rand zeigt (*q*). Wenn nach Auflösung der Aussenwandung die Scheiben isolirt sind, dann fallen sie oftmals aus ihrer ursprünglichen Lagerstätte heraus und es fehlen dann zunächst einzelne (*r*), endlich die meisten (*s*) oder sämmtliche Scheiben (*v*). Es bleiben dann eine gewisse Zeit lang an Stelle der gelben Scheiben zarte Kreise zurück, welche die verdünnte Wand des Linsenraumes begrenzen. Später verschwinden dieselben fast völlig, sobald die Wand in allen Theilen gleichmässig zart geworden ist. Es

ist noch zu erwähnen, dass die Scheiben zeitenweise ausser den Randringen noch in der Mitte einen kleinen Ring erkennen lassen, der ebenfalls ein locales Dickerbleiben bei dem Verdünnungsprocesse der Scheiben anzudeuten scheint. Nach Umwandlung in Cellulose verlängert sich der Spalt der Wandung über die Grenze des Hofraumes hinaus und im zartesten, letzten Zersetzungsstadium (*v*) erweitern sich diese Spalten über den ganzen Flächenraum der Wand, so dass zwischen ihnen nur noch schmale Bänder von Cellulose übrig bleiben. Letztere zeigen stellenweise noch feine Spaltungen und Risse in derselben nach links aufsteigenden Richtung und vor der endlichen Auflösung auch deutliche molekulare Körnelung.

Die Zellen des Holzparenchyms und der Markstrahlen *t* werden ebenso leicht isolirt, wie die genannten Organe und die Gefässe, von denen wegen Raummangels keines mehr gezeichnet werden konnte. Das Stärkemehl zeigt die auffallendste Widerstandskraft gegen die Einwirkung des Mycels, da es sich sowohl in den Markstrahlen wie im Holzparenchym noch vorfindet, nachdem die Zellwandungen schon völlig aufgelöst sind. Alsdann zeigen sie den Auflösungsprocess, den ich Taf. XVI Fig. 7 und 8 dargestellt und Seite 121 beschrieben habe.

Die Verschiedenheit in den beiden vorstehend beschriebenen Zersetzungsprocessen lässt sich darauf zurückführen, dass bei den gelblichen Stellen der Process langsamer und allmälig von der Innenfläche der Wandungen ausgeht, ohne vorherige Umwandlung in Cellulose, während bei den weissen Stellen ein energischerer Process zunächst die sogenannten incrustirenden Substanzen beseitigt, dann die Aussenwandung auflöst und darauf ebenfalls in schnellerem Tempo die völlige Auflösung der Innenwandung vermittelt. Es bedarf kaum der Erwähnung, dass recht oft beide Processe sich unter einander vermischen.

In der Regel tritt nur sehr wenig Mycel bei diesem Zersetzungsprocesse auf. In den oben erwähnten Fällen, d. h. besonders in der Nähe der Fruchtträger, wird das Mycel sehr üppig wuchernd und beschleunigt den ganzen Process in hohem Masse. In den weissen Stellen des Holzes (Fig. 5 c) ist das Mycel ebenfalls farblos und von äusserster Zartheit. Es umspinnt gleichsam die einzelnen isolirten Organe (Fig. 6 v) äusserlich und veranlasst deren schnelle Zersetzung.

Da, wo die gelblichen Flecke Zimmetfarbe annehmen (Fig. 1 d), oder wo das feste Holz direct in zimmetbraunes Mycel umgewandelt wird (Fig. 2 a. b und Fig. 7), zeigt sich neben den zarten farblosen Hyphen reicher entwickelt ein dickwandiges, braunes Mycel, wie ich es Fig. 7 dargestellt habe. Im Wesentlichen ist die directe Umwandlung des festen Holzes in braune Pilzmasse (Fig. 7) nicht verschieden von den Fig. 6 von *a* bis *m* dargestellten Processe, nur verschieden durch die eigenthümlichen Mycelbildungen und durch die Schnelligkeit des Processes.

Von den Fig. 1 zwischen *c* und *e* dargestellten Zersetzungszuständen ist die Löslichkeit im verdünnten Ammoniak eine kaum grössere als vom gesunden Eichenholze, nämlich 16,5 % betragend (gesundes Kernholz zeigt 15,34 % lösliche Substanzen). Die chemische Analyse desselben Holzes ergab nach Schütze:

48,59 C. 5,5 H. 44,58 O. + N. 1,33 Asche,

mithin aschefrei:

49,24 C. 5,59 H. 45,17 O. + N.

Das gesunde Eichenkernholz zeigt aschenfrei:

49,24 C. 5,47 H. 45,29 O. + N.,

mithin eine so überraschende Uebereinstimmung mit der Zusammensetzung des so hochgradig zersetzten Holzes, dass hieraus recht eclatant hervorgeht, wie wenig Schlussfolgerungen über den Charakter der Processe aus den Ergebnissen der Elementaranalyse allein gezogen werden können.

Es wurde noch eine weitere Untersuchung solcher Holztheile zur Ausführung gebracht, die noch viele feste braune Theile in Mitten des weiss und gelb gefärbten Holzes zeigten; diese ergab nach Schütze:

49,23 C. 5,56 H. 43,22 O. + N. 1,99 Asche, oder aschenfrei:

50,23 C. 5,67 H. 44,1 O. + N.

Man sieht hieraus, dass zunächst beim Uebergange des gesunden Holzes in braunes, aber noch festes Holz eine Zunahme an Kohlenstoff eintritt, die dann aber später dadurch gewissermassen wieder ins Gleichgewicht gebracht wird, dass die weissen Flecke bei ihrem Cellulosecharakter einen grösseren Sauerstoffgehalt der Substanz bedingen.

ERKLÄRUNG DER ABBILDUNGEN.

Tafel XVII.

Fig. 1. Ein Stück Eichenholz durch Mycel von Polyporus dryadeus zerstört: *a* noch fest und braun, jedoch schon mit einzelnen gelblichen (*c*) und weissen Flecken (*b*), die später an Zahl zunehmen, mürbe werden resp. zu Höhlungen mit weissen Fasern sich umgestalten, zwischen denen aber immer noch Partieen festen braunen Holzes sich erhalten. *d* Einzelne Stellen färben sich oftmals zimmetbraun. *e* Tangentalfläche.

Fig. 2. Fast völlig in braune Pilzmasse umgewandeltes Holz nahe dem Ansatz der Fruchtträger: *a* noch feste braune Stellen; *b* in zimmetbraune Pilzmasse umgewandelte Stellen; *c* fast reine Pilzmasse mit schwarzen Nestern dickwandigen Mycels. Schmale Kanäle mit weissem Mycel (*d*) durchziehen das Holz nach allen Richtungen.

Fig. 3. Ein alter, vertrockneter Fruchtträger: *a* braunes, krümeliges Polster; *b* dünne faserige, rauhe gelbbraune Schicht der sterilen Oberseite; *c* faserige, löwengelbe Hutsubstanz; *d* Rand des Fruchtträgers; *e* Porenkanäle. Verklein. $^1/_2$.

Fig. 4. Hymenialschicht des Fruchtträgers: *a* Hyphen der Trama; *b* Basidien; *c* pfriemenförmige Haare; *d* fadenförmige Haare; *e* braune Sporen. Vergr. 360.

Fig. 5. Querschnitt durch zersetztes Eichenholz: *a* braunes, noch festes Holz; *b* weisser Fleck mit isolirten Organen; *c* weisser Fleck mit üppigem weissem, äusserst zartem Mycel; *d* zimmetbraun gefärbte, aus Mycel bestehende Stelle; *e* Thylle mit Stärkekörnern. Vergr. 90.

Fig. 6. Längsschnitt durch das zersetzte Holz, in der Mitte das braune, noch feste Holz, nach links die gelblichen, nach rechts die weissen Zersetzungszustände darstellend: *a* Gefäss mit reichlichem Mycel, welches, die Gefässwände durchbohrend, sehr grosse Löcher mit zackigem resp. welligem Rande erzeugt; *b* Holzparenchym, dessen Zellen theils, wie viele Markstrahlzellen, mit brauner Flüssigkeit, theils mit Stärkemehl erfüllt, theils leer sind; *c* Tracheide mit Pilzbohrloch; *d* Holzfaser mit hellbräunlicher Flüssigkeit im Innenraum; *e* Holzparenchym nach Aufzehrung des Zelleninhaltes; *f* Tracheide, deren Tipfel den Rand der verdickten Scheibe deutlich erkennen lässt, unten mit hervortretender schmaler Randverdickung; *g* Holzfaser mit Mycel; *h* Tracheide, deren Scheiben in der Mitte sich verdünnen; *i* Holzparenchym, mit fast völlig aufgelösten Wandungen; *k* Holzfasern, deren Wandungen verdünnt und mit grossen, erweiterten Pilzbohrlöchern versehen sind; *l* Tracheide mit meist völlig verdünnten Scheiben; *m* desgleichen oben mit aufgelösten Schliesshäuten; *n* und *o* Tracheide im Holzparenchym in festem, gebräuntem Zustande; *p* Holzfaser, deren innere Hälfte der Innenwand bereits in Cellulose umgewandelt ist; *q*. *r*. *s* Zersetzungszustände der Tracheide nach der Umwandlung in Cellulose. Zwischen *p* und *q* ist noch die Aussenwandung vorhanden, die weiter nach rechts aufgelöst ist, mit Ausschluss der sich nicht in Cellulose umwandelnden Scheiben. Diese fehlen theilweise schon in *r* und *s*; *t* Holzparenchymzellen nach Auflösung der Aussenwandung; *u* Holzfasern, deren Cellulosewandung in zwei in einander geschachtelte Hälften zertheilt ist; *v* Tracheide im letzten Stadium der Auflösung, in welchem die Spalten über den Tipfeln sich bedeutend vergrössert haben; *w* Holzfaser vor der Auflösung mit molekularer Körnelung. Vergr. 360.

Fig. 7. Uebergang des festen Holzes in zimmetbraune Mycelmasse: *a* Tracheide mit dickem, braunem Mycelfaden; *b* Holzfaser mit brauner Flüssigkeit; *c* Gefäss mit braunem Mycel, dem zarte farblose Fäden entspringen; *d* Holzparenchym theils mit Mycel, theils mit Stärke; *e* Tracheide mit Bohrlöchern; *f* Holzparenchym vor der völligen Auflösung; *g* Tracheide vor der Auflösung; *h* braune Pilzhyphen mit zahlreichen farblosen feinen Hyphen und eingeschlossenen Stärkekörnern. Vergr. 360.

STEREUM HIRSUTUM FR.

Tafel XVIII.

Der durch Stereum hirsutum veranlasste Zersetzungsprocess ist ungemein häufig und durch die auffällige Färbung, die im Holze hierbei auftritt, höchst interessant. Stets von den Aesten ausgehend, verbreitet sich die Zersetzung zunächst in der Regel in gewissen Jahrringszonen, die hierdurch eine dunkelbraune Färbung erhalten. Das demnach in der Spaltfläche braun gestreifte Holz lässt im Querschnitt braune Mondringe erkennen, die aber nicht die Breite eines einzelnen, sondern in der Regel einer Mehrzahl von Jahresringen einnehmen. Die Mitte des braunen Mantels verfärbt sich im weiteren Verlaufe der Zersetzung entweder gelb oder sofort schneeweiss, so dass auf der Spaltfläche theils weisse, theils gelbe Längsstreifen erscheinen, die beiderseits von dunkelbraunen Zonen (Bändern) eingefasst sind (Fig. 1. 3). („Gelb- und weisspfeifiges Holz".)

Im Querschnitt erscheinen sie als weisse, peripherisch geordnete Flecke („Fliegenäste"), die durch seitliche Verbreitung zu geschlossenen Ringen sich umgestalten. Häufig wird aber die ganze Holzmasse, insbesondere zuerst der innerste Kern in eine aus weissen und gelben Theilen zusammengesetzte Masse umgewandelt (Fig. 2), die schliesslich fast ganz und gar in eine weisse Mycelmasse sich verwandelt. Wenn Aeste durch Unterdrückung abgestorben sind, so entwickelt sich der Pilz sehr oft in dem ganzen Holzkörper und färbt denselben gelblich (Fig. 1 e, Fig. 2 f, Fig. 3 c). Es tritt hierbei der Pilz als Erzeuger einer Art von Eichensplintfäule (Fig. 3 c) auf, und fungirt dabei allerdings wohl vorwiegend als Saprophyt. Hohlräume oder eingewachsene alte zersetzte Aststutzen verwandeln sich bei diesem Zersetzungsprocesse sehr oft in eine weisse Pilzmasse (Fig. 3 e), ähnlich den Mycelkörpern, welche durch Polyporus sulphureus erzeugt werden, verschieden davon durch eine rein weisse, der Kreide ähnliche Farbe und durch die äusserst zarten, reich verästelten Pilzfäden, die um das Vielfache dünner sind, als die Mycelfäden des Polyporus sulphureus. Zuweilen verbreitet sich von faulen Aesten aus die Zersetzung nicht in der vorbesprochenen Form, sondern gleichmässig durch die ganze Holzmasse in der Fig. 4 dargestellten Weise. Es ist hierbei als besonders charakteristisch zu bezeichnen, dass zunächst die grossen Markstrahlen zerstört werden und an deren Stelle weisses Pilzmycel tritt (Fig. 4 b).

Im weiteren Verlaufe der Zersetzung tritt auch an Stelle der kleinen Markstrahlen Mycel, und zahlreiche mit Mycel ausgefüllte Höhlungen bilden sich daneben, so dass zuletzt fast das ganze Holz in eine schneeweisse Pilzmasse umgewandelt wird. Ich habe nur denjenigen Zersetzungszustand, welcher Fig. 1 e und Fig. 3 c durch gleichmässig gelbe Färbung charakterisirt ist, in Bezug auf seine chemische Zusammensetzung prüfen lassen. Es besass die genommene Probe ein specifisches Trockengewicht von 0,34.

Das Mycelium des Parasiten ist anfänglich sehr dünnwandig, aber theilweise aus sehr dicken Hyphen bestehend (Fig. 8 e), denen dünnere Fäden entspringen. Erstere sind oft gelblich gefärbt und auf

ihrer Aussenseite ist hier und da eine gelbliche Flüssigkeit meist tropfenweise abgelagert. Die dünneren Hyphen sind dagegen immer farblos. Mit fortschreitender Zersetzung werden dieselben zarter, bleiben aber innerhalb der weissen Streifen (Fig. 1 d) bedeutend dicker (Fig. 8 o. n), als innerhalb der gelben Stellen (Fig. 1 c, Fig. 2, Fig. 3 c und Fig. 4), wo sie so fein sind, dass es bei einer Vergrösserung von 360 kaum möglich ist, mehr als eine zarte Linie zu erkennen (Fig 8 t—y).

Auch die weisse Pilzmasse (Fig. 2 e, Fig. 4 b), welche an Stelle des zerstörten Holzkörpers tritt, besteht nur aus äusserst feinen, reich verästelten Hyphen und unterscheidet sich dadurch von den Mycelkörpern des Polyporus sulphureus. In hohen Zersetzungsstadien des Holzes entstehen Höhlungen im Inneren des Baumes (Fig. 2), deren Wandungen zum Theil von einer braunen, über 1 mm dicken, im trocknen Zustande festen Schicht bekleidet sind. Diese Schicht besteht aus kräftiger entwickelten, derberen Mycelfäden, die in einer bräunlichen, im trocknen Zustande festen amorphen Substanz eingebettet sind, die sich in Kalilauge alsbald auflöst.

Es ist mir noch zweifelhaft, ob die im frischen Zustande ohne Zweifel flüssige braune Substanz aus der Zersetzung und Auflösung des Mycelkörpers selbst hervorgeht, oder ob unter Mitwirkung von aussen eingedrungenen Wassers die letzten Holzüberreste sich verflüssigt und den Mycelkörper durchtränkt haben.

Die Fruchtträger bilden sich ausserhalb des Baumes, meist aus der todten Rinde hervorwachsend (Fig. 1 f, Fig. 3 f). In den Rindenrissen erscheinen sie zunächst ähnlich einer Peziza mit freiem, etwas eingerolltem Rande (Fig. 5 a) und schmutzig-weisser Farbe. Nachdem durch die allseitige Vergrösserung des der Unterlage meist fest anliegenden Fruchtträgers derselbe eine Grösse von mehreren Centimetern erreicht hat (Fig. 5 b), beginnt der obere Rand sich in rechtwinkliger Richtung von der Unterlage consolenförmig zu vergrössern (Fig. 5 c).

Die sterile Oberseite ist glänzend rauh behaart und lässt undeutliche concentrische Schichtungen erkennen. Auch der seitliche und der untere Rand, soweit derselbe von der Unterlage frei sich nach der vom Hymenium bekleideten Seite umgebogen hat, zeigt auf der sterilen Aussenseite ebensolche rauhe Haare. Die Farbe dieser behaarten Seite ist hirschbraun. Die Haare bestehen, wie Fig. 6 a zeigt, aus zahlreichen gruppenweise an der Spitze collabirten Hyphen, welche in schräger Richtung nach aussen der Hutsubstanz entspringen.

Diese letztere zeigt nahe unter der Oberfläche eine dunkel gelbbraune Zone (Fig. 6 b), von der nach der anderen Seite hin in spitzem Winkel die Hyphen zur Hymenialschicht *d* verlaufen. Das periodisch unterbrochene Wachsthum des Randes (*c*) lässt sich im Inneren noch durch die Schichtung (*e*) erkennen. Das glatte, nur etwas uneben bucklige Fruchtlager ist meist grau, oft mit deutlich gelbem Tone.

Ich habe Fig. 7 den Bau desselben dargestellt. Die in spitzem Winkel auf dasselbe stossenden Hyphen des Fruchtträgers (*a*) verästeln sich (*b*) vor dem Uebergange in das aus fast rechtwinklig zur Oberfläche stehenden Basidien (*c*) zusammengesetzte Fruchtlager mehrfach, so dass in letzterem die Organe dicht gedrängt zusammenstehen, ja zum grössten Theil völlig untereinander verwachsen sind. Die farblosen zarten, birnförmigen Sporen entstehen zu je vier auf langen Sterigmen (*d*).

Sowohl in der Substanz des Hutes, als auch in der Hymenialschicht sieht man vereinzelte, mit einer gelblichen, gekörnelten und, wie es scheint, Oeltropfen enthaltenden Flüssigkeit erfüllte Hyphen (*e*), deren Bedeutung mir unbekannt ist.

Die anatomische Untersuchung des Holzes ergab gerade wie bei Polyporus dryadeus einen zweifach verschiedenen Process, von dem der eine Fig. 8 von a nach o, der andere von a nach y dargestellt ist. Die anfänglich dunkelbraune Färbung entstammt dem braunen, flüssigen Inhalte zahlreicher Parenchymzellen der Markstrahlen und des Holzparenchyms (Fig. 8 h. r). Auch in manchen Holzfasern findet sich die braune Flüssigkeit abgelagert (Fig. 8 p).

Dieser braune Zersetzungszustand ändert entweder sofort in einen schneeweissen (Fig. 1 d) um, und sehen wir dann denselben Process vor sich gehen, den ich bereits für Polyporus dryadeus Taf. XVII Fig. 6 q—w und für Telephora Perdix Taf. XIII Fig. 10 l—q, Fig. 12 u—w dargestellt und Seite 106 beschrieben habe. Völlige Entfärbung und Umwandlung aller Wandungen in Cellulose unter Verschonung des Stärkemehls charakterisirt denselben. Die einzelnen Organe werden durch Auflösung der Aussenwandungen isolirt und erfüllen den Raum des weissen bandförmigen Streifens mit weissen, asbestartigen

Fasern (Fig. 8 i—o), die von zahlreichen zarten verästelten Hyphen umsponnen und locker zusammengehalten werden. Die verdickten Scheiben der gehöften Tipfel, welche von der Umwandlung in Cellulose ausgeschlossen bleiben, fallen nach Isolirung der Tracheiden zum Theil aus dem Linsenraume heraus, theilweise adhäriren sie der Wandung, bis sie völlig aufgelöst sind (Fig. 8 i. k). Das Stärkemehl erleidet denselben Auflösungsprocess, den ich Taf. XVI Fig. 7, 8 dargestellt habe. Die Körner werden immer leichter, in Chlorzinkjod liegend färben sie sich zuletzt nur noch hellblau, schwimmen im Wasser des Objectträgers als ausgesogene zarte Hüllen, bis sie ganz verschwunden sind. Die hellblauen Körner sieht man noch nach völliger Auflösung der betreffenden Zellwände frei zwischen den übrigen Organen zerstreut (Fig. 8 o. n unten) liegen.

In dem hellgelben oder bräunlich-gelben Holze ist der Zersetzungsprocess von dem vorigen durchaus verschieden. Nach Aufzehrung des braunen Zelleninhaltes und nach baldigem Verschwinden der Stärkekörner, deren Auflösung ebenso erfolgt, wie bei dem vorbesprochenen Zersetzungsprocesse, findet die Auflösung vom inneren Lumen der Zelle nach aussen fortschreitend statt, unter äusserst üppiger Entwicklung eines zarten Mycelfilzes, welcher alle Organe erfüllt, die Wandungen durchbohrt und auflöst ohne vorhergehende Umwandlung in Cellulose.

Die verdickten Scheiben erhalten sich auffallend lange und bleiben fast unverändert bis zur völligen Auflösung aller anderen Wandungstheile übrig. In dem zarten Mycelfilz sieht man dieselben in grosser Anzahl eingebettet liegen (Fig. 8 x. y). Zuweilen geht der endlichen Auflösung der Wandung eine Umwandlung in Cellulose voraus, doch bildet dies die Ausnahme von der Regel.

Die von Herrn Schütze ausgeführte chemische Untersuchung des gelben, mürben Holzes (Fig. 3 c), in welchem der zuletzt beschriebene Zersetzungsprocess stattgefunden hatte, ergab:

48,12 % C. 5,64 % H. 44,90 O. + N. 1,34 % Asche,

mithin aschenfrei berechnet:

48,79 % C. 5,71 % H. 45,50 O. + N.

Verglichen mit aschenfreiem, gesundem Eichenholze, welches

49,24 C. 5,47 H. 45,29 O. + N.

besitzt, stellt sich heraus, dass eine ganz geringe Zunahme des Sauerstoffes, eine unbedeutende Veränderung des Kohlenstoffgehaltes bei der Zersetzung eingetreten ist.

Es lösen sich in verdünntem Ammoniak 12,6 % der Substanz, also weniger, wie im gesunden Holze, woselbst 15,34 % löslich sind.

ERKLÄRUNG DER ABBILDUNGEN.

Tafel XVIII.

Fig. 1. Durchschnitt durch ein Eichenstammstück mit Zersetzung durch Stereum hirsutum: *a* gesunder Splint; *b* brauner Streifen mit beginnender Weissfärbung in der Mitte; *c* gelber Streifen; *d* weisser Streifen; *e* Stummel von einem im Sommer auf rohe Weise abgebrochenen grünen Aste; *f* Fruchtträger von Stereum hirsutum. Verkleinerung $^1/_2$.

Fig. 2. Weiteres Zersetzungsstadium: *a* gesunder Splint; *b* gebräunter Kern mit gelblichen Streifen; *c* der mittlere Theil ist fast ganz in Pilzmasse umgewandelt (*d*), durch deren Zusammenschrumpfen Höhlungen sich gebildet haben, deren Wand theils von lebendem weissen Mycel (*e*), theils von einer schwarzbraunen, aus Mycel gebildeten Schicht (*g*) bedeckt wird; *f* Aststutz. Verkleinerung $^1/_2$.

Fig. 3. Eichenholz, das nicht allein im Kernholze (*a*) die gestreifte Zersetzungsform (*b*) zeigt, sondern auch im Splinte (*c*) die gleichmässig gelbe Zersetzung erlitten hat. Durch diese ist auch die Bastschicht (*d*) zerstört und das Hervorwachsen der Fruchtträger (*f*) aus den Rindenrissen ermöglicht. Abgestorbener, eingeschlossener Aststutz (*e*), dessen Holz in weisses Mycel umgewandelt ist. Natürliche Grösse.

Fig. 4. Von einem faulen Astloche ausgehende Zersetzungsform des Eichenholzes, in welchem die Holzmasse zu einer braungelben, mürben, leichten Substanz verwandelt ist, durchzogen von den in weisse Pilzmasse umgewandelten Markstrahlen (*b*). Natürliche Grösse.

Fig. 5. Fruchtträger des Stereum hirsutum in drei Entwicklungsstadien *a. b. c.* Natürliche Grösse.

Fig. 6. Durchschnitt durch den Rand eines Fruchtträgers: *a* die durch Collabirung von Hyphengruppen entstehenden Haare der sterilen Oberseite; *b* gelbbraun gefärbte Zone; *c* wachsender Rand; *d* Hymenialschicht; *e* Schichtung periodisch unterbrochenen Wachsthums.

Fig. 7. Theil der Hymenialschicht: *a* die Hyphen der Hutsubstanz; *b* Verästelung derselben; *c* Basidien; *d* Sterigmen und Sporen; *e* mit gelber Flüssigkeit erfüllte sterile Organe. Vergr. 360.

Fig. 8. Radialansicht des in Zersetzung begriffenen Holzes: *a* Gefäss, dessen Wand bei *b* von Tracheiden, bei *c* von Markstrahlzellen begrenzt wird; *d* eine Stärkemehl führende Füllzelle; *e* hellbraun gefärbtes Mycel des Stereum hirsutum; *f* Tracheide mit Mycel; *g* Holzfasern; *h* Holzparenchym, dessen Zellen theils Stärkekörner, theils eine braune Flüssigkeit führen; *i* Tracheide, die nach *k* zu in Cellulose umgewandelt und nach Auflösung der Aussenwand von den Nachbarorganen losgelöst ist; *k* Tracheide, deren Scheiben nicht in Cellulose verwandelt und zum Theil aus dem Linsenraum herausgefallen sind; *l* Holzparenchym. Der braune Inhalt ist verschwunden. Die Stärkekörner färben sich durch Jod nur noch hellblau; *m* Holzfasern; *n. o* Tracheiden vor der völligen Auflösung von reichlichem Mycel umsponnen. Der Zersetzungsgang von *i* nach *o* entspricht den weissen Streifen Fig. 1 d, wogegen zwischen *s—y* die Zersetzung in den gelben Holztheilen dargestellt ist; *p. q. r* zeigen Holzfasern und Parenchym mit brauner Flüssigkeit und Stärkemehl; *s* Tracheiden; *t* und *v* sehr verdünnte Holzfasern; *u* Parenchym; *w. x* Tracheiden vor der Auflösung, von der die Scheiben am längsten verschont bleiben (*y*). Aeusserst zartes Mycel tritt an die Stelle des Holzgewebes. Vergr. 360.

ZUR EICHENÄSTUNG.

Nachdem seit einer Reihe von Jahren in der forstlichen Literatur und in Forstversammlungen unendlich viel für und wider die Ausästung der Eichen geschrieben und geredet worden ist, dürfte es an der Zeit sein, diesen so wichtigen Gegenstand auch der experimentellen Forschung zu unterwerfen.

Die Vielseitigkeit der Frage gestattet es kaum, gleichzeitig alle Seiten derselben durch eine Versuchsreihe zur Beantwortung zu ziehen und habe ich bei meinen Versuchen desshalb vorläufig nur den wichtigsten Theil derselben, die Folgen der Aestung auf die Gesundheit des Baumes betreffend, ins Auge gefasst. Ich bitte, mir keinen Vorwurf daraus zu machen, dass ich nicht alles zusammengestellt habe, was dieser und jener Beobachter über die Folgen der Aestung als seine Ansicht ausgesprochen hat, dass ich vielmehr mich darauf beschränke, lediglich das hier vorzutragen, was ich selbst bei der Untersuchung der Astwunden gefunden habe.

Untersucht man an einer Eiche die durch den natürlichen Verdämmungsprocess getödteten Zweige resp. Aeste (Taf. XIX Fig. 1), so findet man ganz allgemein, dass der unterdrückte Zweig nicht bis unmittelbar an den Hauptstamm abstirbt und sich zersetzt, sondern, dass die Basis desselben (Fig. 1 b) gesund und grün bleibt und von dem Stamme aus seitlich ernährt wird.

Die lebende Astbasis verschwindet später nur scheinbar, weil der Stamm durch sein Dickenwachsthum dieselbe einschliesst (Fig. 2 b). Es ist dabei aber wohl zu beachten, dass das Einwachsen der lebenden Astbasis nicht verwechselt werden darf mit dem Einwachsen todter Aeste, deren Oberfläche mit dem Holze des Stammes in gar keinem organischen Zusammenhange steht, dass dieselbe vielmehr vom Hauptstamm ernährt wird, sich noch mehrere Jahre zumal auf der oberen Seite schwach verdickt und in innigem Zusammenhange mit dem Holzkörper des Stammes bleibt (Fig. 3 c, Fig. 4 c). Mann kann sagen, der Baum gebe durch das Lebendigbleiben der Astbasis dem abgestorbenen Aste den erforderlichen Zeitvorsprung zur Verwesung und zum Abfallen und schütze dadurch sein Inneres vor todten Aesten.

Sobald ein jüngerer Zweig abgestorben ist, siedeln sich an ihm saprophytische Pilze und zwar vorzugsweise das charakteristische Hysterium quercinum (Eichenritzenschorf) an (Fig. 1 a), auf stärkeren Aesten Arten der Gattung Telephora, Pyrenomyceten etc.

Diese Pilze veranlassen eine schnelle Zersetzung und zwar, soweit mir bekannt, immer eine solche mit gelblich-weisser Farbe des Holzes. Die schwarz-braune Grenze zwischen dem gesunden und dem zersetzten Holze ist eine meist scharf begrenzte, selten über 1 cm breite, meist schmälere. Ist nun nach einigen Jahren der Stamm um so viel dicker geworden, als die Länge der grün gebliebenen Astbasis ausmachte, dann ist inzwischen der todte Ast bereits völlig mürbe geworden und abgefallen, die Wunde schliesst sich allseitig und überwächst die braune abgestorbene Grenzschicht des Astes (Fig. 2), die bis in das höchste Lebensalter des Baumes nach Spaltung des Holzes durch den Kern erkennbar bleibt, aber sich nicht vergrössert. Von solchen verborgenen Aesten, und aus der Markröhre des Holzstammes entspringen

die in genau horizontaler Richtung verlaufenden Kryptoblasten (Fig. 2 e), die, in der Rinde in einem schlafenden Auge endigend, die Veranlassung zur Entstehung der Wasserreiser (Räuber) geben. Es ist erklärlich, dass die Kryptoblasten eines Astes nach dessen Entnahme vorzugsweise zur weiteren Entwicklung angeregt werden, da sie ja gewissermassen die untersten lebenden Knospen der eingeschlossenen Astbasis sind. Insbesondere wird die Wasserreisbildung dann eintreten, wenn durch die Aestung ein erhebliches Missverhältniss zwischen Nahrungszufuhr durch die Wurzeln und Verbrauch durch die Belaubung herbeigeführt ist, wogegen bei mässiger resp. successive erfolgender Aestung dies Missverhältniss vermieden wird, mithin in der Regel auch keine oder nur unbedeutende Wasserreisbildung eintritt.

Besitzt der durch Unterdrückung zum Absterben gelangte Ast eine grössere Dicke, dann gehört nicht selten ein so langer Zeitraum dazu, denselben durch saprophytische Pilze zu zerstören und zum Abfallen zu bringen, dass inzwischen der Hauptstamm sich bereits über die grün gebliebene Astbasis hinaus verdickt hat und dadurch einen Theil des todten und zersetzten Astes umschliesst.

Fällt dann durch eigene Schwere oder bei Schneeanhang u. s. w. der zersetzte Ast ab, so bricht er aus der Asthöhlung heraus, hinterlässt eine Vertiefung (Fig. 3), die nun nach Entfernung des bisherigen Hindernisses vom Rande (*c*) der Oeffnung aus sich schliesst, indem die nächsten Jahresschichten wulstig in das Innere hineinwachsen (*f*). Das vor dem völligen Zuwachsen in die Höhle eingedrungene Wasser zersetzt die etwa noch zurückgebliebenen Reste des faulen Astes weiter und verwandelt sie in einen schwarzbraunen Moder (*g*), der auch die äusseren Schichten des eingewachsenen Aststutzes schwarzbraun färbt (*d*), ein erhebliches Weiterdringen der Fäulniss in das Innere des Stammes aber fast niemals nach sich zieht. Immerhin sind derartige, in der Regel nicht völlig ausgefüllte alte Asthöhlen nicht erwünscht, zumal wenn es sich um Verwendung des Holzes zu Schnittwaaren handelt.

Sehr oft leistet das Kernholz des Astes der Zersetzung erheblich längeren Widerstand als das Splintholz (Fig. 4). Da hierdurch das natürliche Abfallen des Astes, oder Aststutzes bedeutend hinausgeschoben wird, so wächst der abgestorbene Asttheil mehr oder weniger tief in das Bauminnere ein. Das schon erweichte, mürbe Splintholz (Fig. 4 b) leistet zwar keinen vollen Widerstand mehr gegen den Druck der neuen, am Aste emporsteigenden Jahresschichten (*d*), so dass diese mehr oder weniger tief in das mürbe Splintholz eindringen, es verhindert aber doch lange Zeit den ungestörten Ueberwallungsprocess. Ist das Splintholz völlig verfault, dann verhindert die in der Mitte noch stehen gebliebene Kernholzsäule (*a*) den vollen Schluss der Höhle. Dieselbe kann überhaupt nicht ausgefüllt werden, wie in Fig. 3 der Fall gewesen ist, und es entstehen Hohlräume, die, wenn sie sich auch nicht vergrössern, so doch mit zunehmender Baumstärke immer tiefer in den Stamm zu sitzen kommen und dessen Werth sehr zu beeinträchtigen im Stande sind.

Aus dem Vorstehenden resultirt, dass es unter allen Umständen empfehlenswerth ist, die durch den natürlichen Unterdrückungsprocess zum Absterben gelangten grösseren „Trockenäste“ möglichst rechtzeitig zu entfernen, damit sich die zuletzt erwähnten unangenehmen Asthöhlen nicht bilden können. Schwächere Trockenäste fallen, ohne irgend nachtheilige Schäden zu hinterlassen, von selbst ab. Da man auch bei der Trockenästung sehr oft in das grüne Holz schneiden wird, so ist dieselbe aus den weiter unten bei der Grünästung anzuführenden Gründen nicht zur Vegetationszeit, sondern während der Vegetationsruhe auszuführen. Bevor ich nun zu der Erörterung der Grünästung und der dabei auftretenden Erscheinungen der Zersetzung übergehe, ist es nothwendig, den Process der Astüberwallung zu erläutern.

Die Ueberwallung einer bis auf den Holzkörper vorgedrungenen Verwundung des Rinde- und Bastkörpers erklärt sich lediglich auf rein mechanischem Wege durch die Verminderung resp. völlige Beseitigung des Rindendruckes auf die Cambialschicht, die in Folge dessen am Rande der Wunde einen breiteren Jahresring zu bilden vermag, als unter der unverletzten Rinde entfernt von dem Wundrande.

Der Bast- und Rindenmantel und, wenn durch eingreifende Korkbildung die äusseren Theile des Bastes abgestorben und vertrocknet sind, auch die Borke übt einen bedeutenden Druck auf den Cambiummantel aus, der selbstredend nicht in der Längsrichtung der Axe, sondern nur rechtwinklig auf diese, gewissermassen wie die Fassreifen auf die Fassdauben wirkt. Zu der Zeit, in welcher sich ein neuer Holz- und Bastring aus dem Cambium entwickelt, müssen die jugendlichen Zellen vermöge ihrer Spannkraft den Druck des Rindenmantels überwinden, diesen jährlich um etwas ausdehnen. Die bei den meisten unserer

Waldbäume bekannte lockere Beschaffenheit des Frühjahrsholzes gegenüber dem festeren Herbstholze glaube ich nicht allein dem Umstande zuschreiben zu sollen, dass alljährlich der Rindendruck während der Zeit der Jahrringsbildung sich steigert, sondern auch dem Umstande, dass zur Frühjahrszeit vor der Wiederherstellung voller Belaubung und dem Eintritte voller Blattthätigkeit die Ernährung des Cambiums eine weniger reichliche ist, als später. Ich deute dies nur an, da hier nicht der Ort ist, näher auf diese Frage einzugehen. Ich will auch ferner nur andeuten, dass von der Zeit des höchsten Rindendruckes an, die in den Schluss der cambialen Thätigkeit fällt, bis zum nächsten Frühjahre hin der Maximaldruck jedesmal auf den Minimaldruck zurückgeführt werden muss, eine Veränderung im Spannungszustande der Rinde, welche wohl zum grösseren Theile äusseren Einflüssen zuzuschreiben sein dürfte, z. B. den mit den Temperaturschwankungen verknüpften Ausdehnungen und Zusammenziehungen der Rinde, Zersetzungsprocessen der todten Borkeschicht u. s. w.

Wird nun der Rinden- und Bastmantel durch eine Schnittwunde bis auf den Holzkörper gesprengt, so ist selbstredend unmittelbar am Wundrande der Druck auf das Cambium vermindert, das in der Zellentheilung begriffene Gewebe wird sich hier schneller entwickeln und in Form eines „Callus", oder Ueberwallungswulstes über den Rand der Wunde heraustreten können, es wird selbst auf eine gewisse Entfernung vom Wundrande noch die Druckverminderung zuwachssteigernd einwirken, wie dies ja bekannt ist.

Da der Ueberwallungswulst anfänglich nur von einem dünnen Rinden- und Bastkörper bekleidet ist, der einen geringeren Druck auf das Cambium ausübt, als die starke alte Rinde, so wird die Zuwachssteigerung eine Reihe von Jahren andauern, es wird der Ueberwallungswulst sich andauernd durch Schnellwüchsigkeit auszeichnen. Wenden wir dies auf eine Astwunde an (Taf. XX Fig. 1), und setzen wir zunächst eine solche voraus, welche glatt am Stamm (ohne Stummel) liegt, so ist selbstredend nur der zwischen dem oberen (*b*) und unteren (*c*) Wundrande liegende Rindenmantel des Hauptstammes gesprengt, d. h. unmittelbar über und unter der Wunde ist der Rindendruck nur wenig vermindert, während die Seitenränder leicht von dem darunter sich verdickenden Callus abgehoben werden können. Um ein Bild anzuwenden, denke man sich die Rinde aus zahlreichen übereinander liegenden Bändern bestehend; es werden nur die durchschnittenen Bänder zu beiden Seiten der Wunde sich leicht abheben lassen, während über und unter der Wunde das Rindenband nicht gesprengt ist, also auf das Cambium drückt.

In der Regel ist desshalb auch die seitliche Ueberwallung (*a*) die am schnellsten vorschreitende. Vom oberen Wundrande (*b*) aus schreitet die Ueberwallung meist langsamer, aber doch immer weit schneller vor, als vom unteren Wundrande, aus dem nahe liegenden Grunde, weil der im Baste abwärts sinkende Bildungssaft das Cambium hier besonders üppig ernährt.

Unmittelbar unter der Wunde entsteht gewissermassen ein todter Winkel, in welchem die Ernährung des Cambiums nur spärlich durch seitliche Verbreitung des im Bastgewebe des Hauptstammes abwärts wandernden Bildungssaftes erfolgt, nachdem die Zufuhr desselben von oben durch Entfernung des Astes ihr Ende erreicht hat. Fast in allen Fällen sieht man desshalb die Jahrringsbreite über der Wunde grösser als unterhalb derselben (Taf. XIX Fig. 3 h. i, Fig. 4, Taf. XX Fig. 3. 4. 7). Es ist aber nicht allein diese mangelhafte Ernährung des unteren Wundrandes, welche das Zurückbleiben der Ueberwallung erklärt, sondern in der Regel kommt noch ein Umstand hinzu, auf den bisher meines Wissens niemals geachtet worden ist, der aber die grösste Bedeutung für das ganze Verhalten der Wunde nicht allein in Bezug auf die Ueberwallung, sondern auch auf die Gesundheit derselben besitzt. Es ist die Loslösung der Basthaut von dem Holzkörper unterhalb der Rinde auf geringere oder grössere Erstreckung. Bei jeder Aestung zur Saftzeit, besonders wenn solche vermittelst der Säge zur Ausführung gebracht wird, lockert sich oberhalb und unterhalb der Astwunde die Basthaut von dem Holzkörper. Zunächst ist es schon beim Stoss der Säge die Reibung der Rinde und des Sägeblattes, welche eine Verschiebung der ersteren und damit ein Loslösen vom Holze zur Folge hat. Taf. XX Fig. 2 c. 3 c. 4 b zeigt die Trennungslinie oberhalb der Wunde, Fig. 2 b. 3 b u. 5 die Trennung unterhalb der Wunde. Für den unteren Wundrand ist noch besonders das Sinken des abgeschnittenen Astes gefährlich, insofern nämlich der noch nicht völlig losgetrennte Ast beim Herabsinken mit seinem unteren Schnittrande, falls er zuvor von unten eingeschnitten ist, auf den unteren Rand der Wunde drückt und die Basthaut loslöst. Selbstredend ist der Schaden meist noch weit grösser, wenn beim Aesten zuvor nicht von unten eingeschnitten wird. In der

Regel beachtet man diese Rindenlockerung nicht, auch ist sie wohl kaum äusserlich wahrzunehmen, und doch tritt sie fast regelmässig ein, ja selbst bei Winterästungen kann der Druck des fallenden Astes auf den unteren Schnittrand eine Loslösung der Basthaut nach sich ziehen.

Schneidet man zuvor vorsichtig von unten ein, verhindert durch Unterstützung des Astes, dass derselbe nicht früher sich senkt, bis er von oben völlig durchschnitten ist, stösst ihn dann etwas vom Baum ab, so dass er den unteren Wundrand nicht quetscht, dann ist auch die bezeichnete Loslösung nicht zu befürchten (Fig. 4 c). Es ist dies allerdings wohl immer nur dann zu erreichen, wenn die Aestung ausserhalb der Zeit der Jahrringsbildung erfolgt.

Die nächste Folge der Rindenloslösung ist nun, dass die Cambialzellen an dieser Stelle absterben, dadurch unfähig werden, durch Zelltheilung die Neubildung zu vermitteln, die somit weiter rückwärts von da ausgeht, wo Holz und Rinde mit einander verbunden geblieben sind. Der Callus entsteht desshalb nicht unmittelbar am Wundrande, sondern mehr oder weniger weit davon entfernt, unter der alten Rinde verborgen, z. B. in Fig. 2 bei b und c. In einer kleinen Zeichnung neben Fig. 2 habe ich dargestellt, wie der neue Jahresring (*h*) die Rinde (*i*) von dem Holzkörper (*g*) abhebt und dadurch eine Grube (*k*) entsteht, die besonders am unteren Wundrande höchst gefährlich für die Gesundheit des Baumes wird, indem das von der Wundfläche abfliessende Wasser sich hier ansammelt, durch Vermittelung der Markstrahlen in den Holzkörper eindringt und jene Schwarzfärbungen veranlasst, über die ich später noch sprechen werde. Hier ist aber auch der Ort, wo vorzugsweise die Infection parasitischer Pilze stattfindet, wo die Sporen, welche auf der eigentlichen Schnittfläche nur selten ein günstiges Keimbett finden, im stets feuchten Raume die vortrefflichsten Keimungsbedingungen antreffen. Die Theerung der Schnittfläche schützt die Pflanze nicht gegen Parasiten, wenn die Entstehung dieser verwundbarsten Stelle nicht vermieden wird. Die Ueberwallung schreitet nach dem Gesagten langsam von unten nach oben vor, der Schluss der Wunde erfolgt aber meist früher, bevor der untere und obere Wulst zusammentreffen, dadurch, dass die Seitenwülste in einer Längslinie aufeinanderstossen und die Wundfläche damit gegen aussen schliessen (Fig. 6).

Einen anderen Verlauf nimmt bekanntlich die Ueberwallung in den Fällen, in denen ein Aststutz stehen geblieben ist, der selbstredend alsbald in Folge seiner Functionslosigkeit abstirbt, da der Bildungssaft des Hauptstammes im Baste abwärts, auch ein wenig seitwärts zu wandern vermag, jedoch nicht in dem Baste des Aststutzes aufwärts gelangen kann. Ist der Aststummel mehr oder weniger seiner Rinde beraubt, wie z. B. Tafel XX Fig. 7, wo dieselbe unterhalb nur bis *d* reicht, also zwischen *d*—*e* der Aststutz rindenlos gewesen ist, dann tritt ebenfalls ein Ueberwallungsprocess in dem vorbesprochenen Sinne ein, nur mit der Veränderung, dass die Ueberwallung eine lange Reihe von Jahren nöthig hat, um von der Basis aus am Aststutz emporzusteigen, bis die Schnitt- oder Bruchfläche erreicht ist. Inzwischen ist dann der todte Aststutz verfault und bildet ein höchst unangenehmes, von mürbem, zersetztem Holze oft nur theilweise ausgefülltes Loch (*h*). Sind keine Parasiten eingedrungen, so verbreitet sich die Zersetzung nicht oder nur wenig über die Grenzen des abgestorbenen Aststutzes hinaus. Haut man solche Astwülste auf, so gelangt man alsbald wieder auf festes gesundes Holz.

Höchst eigenthümlich ist dagegen der Ueberwallungsprocess bei solchen, besonders stärkeren Aststutzen, welche von fester Rinde und Borke bekleidet sind, die nach dem Tode und Vertrocknen dem Holzkörper fest anliegt, die ferner mit splittriger Bruchfläche versehen sind. Es entstehen in diesen Fällen vorzugsweise jene eigenthümlichen Astmasern, wie ich eine verkleinert Taf. XIX Fig. 8 dargestellt habe. In Fig. 5 habe ich von einem starken Aste die Rinde theilweise entfernt, so dass man die unter der fest anliegenden Borke entstehende Neubildung (*b*), sowie die über der splittrigen Bruchfläche beginnende Ueberwallung (*a*) deutlich erkennen kann.

In Fig. 6 habe ich den mit $\times$ bezeichneten Theil der Fig. 5 in natürlicher Grösse dargestellt.

Der todte trockne Holzkörper (*a*) des Astes zeigt zahlreiche grosse Markstrahlen, welche vor Entfernung der Rinde sich in diese fortsetzten und dadurch eine innige Verbindung zwischen Holz und todter Rinde herstellten. Von der Basis des Aststutzes aus schiebt sich alljährlich der Rand der Neubildung um eine Kleinigkeit vorwärts in Gestalt eines aus Parenchymzellen bestehenden zarten häutigen Randes (*b*). Offenbar ist dieser nicht geeignet, die Rinde vom Holze abzuheben, vielmehr muss diese Function den weiter zurückliegenden älteren Theilen der Neubildung zugeschrieben werden, in denen sich in höchst interessanter

Weise die grossen Gefässe durch welligen Verlauf und durch ihr starkes Hervortreten über die Oberfläche auszeichnen (*c*). Dieselben weichen insbesondere den noch hier und da erkennbaren Ueberresten der Markstrahlen des Bastgewebes aus (*d*). Das Dickenwachsthum der älteren Theile der Neubildung hebt die Rinde vom Holze ab, und verschafft successive dem Fortwachsen des Randes *b* dadurch den erforderlichen Raum.

Gelangt die fortschreitende Neubildung an Unebenheiten oder Stellen, wo die Basis eines früheren Seitenzweiges Holz und Rinde mit einander verbindet, gelangt sie endlich auf die unebene, splittrige Bruchfläche selbst (Fig. 7 von der Bruchfläche (a) aus gesehen), dann wird sie in ihrem gleichmässigen Vordringen behindert. Hier und da (*d. f*) wächst sie schneller vorwärts, als an anderen Stellen (*a*), hinter denen sie wieder zusammenstösst, bevor diese ebenfalls überwachsen sind. Es bilden sich dadurch Inseln (*b*), die erst später überwachsen werden und dann für alle Folgezeit als Inseln sich erhalten, denen die Gefässe des Stammes (*e*) ausweichen. Die Inseln bilden sich späterhin ihre eigenen, in sich zurücklaufenden Gefässe (*e. d*). Selbst an sehr alten Maserästen (Fig. 8) kann man die von dem Stamme über den Aststutz hin laufenden Gefässe in ihrem ganzen Verlaufe verfolgen, z. B. wenn man von *a* ausgehend dieselben bis zur Spitze verfolgt. Die von ihnen eingeschlossenen Inseln (Fig. 8 b) erhalten sich mit ihren concentrischen Gefässen, wie an der Correspondenz der Aussenseite eines hohlen Maserastes mit der Innenseite deutlich zu erkennen ist. Es ist jedenfalls nicht uninteressant, diese Bildung an frischem Material weiter zu studiren. Ich musste die Untersuchung dieses Gegenstandes, wie so viele andere interessante Nebenfragen, vorläufig bei Seite legen, um nicht durch Eingehen auf denselben zu sehr von dem Hauptzweck meiner Arbeit abgeleitet zu werden.

Es sei hier noch bemerkt, dass sich sogenannte Gabeläste oder Zwiesel selbst bei ganz vorschriftsmässig ausgeführter Aestung in der Regel ähnlich wie Aststummel verhalten, mithin auch ähnliche Nachtheile im Gefolge haben, wie jene. Tafel XXI Fig. 4 zeigt einen solchen Gabelast, der natürlich nicht vom oberen Wundrande aus, sondern nur seitlich resp. von unten zu überwallen vermag, so dass erst nachträglich auch der obere Wundrand eingeschlossen wird. Stärkere Gabeläste zu entnehmen, dürfte desshalb nach Möglichkeit zu vermeiden sein.

Ich gehe nun über zu der Besprechung der Zersetzungserscheinungen, die sich in Folge der Aestung einstellen. Um das Verhalten der Astwunden festzustellen, habe ich im Jahre 1875 eine Reihe von 240 Eichenästungen zur Ausführung gebracht, die, wenn auch noch zu jung, um nach allen Richtungen hin massgebende Aufschlüsse zu gewähren, so doch im Zusammenhange mit dem äusserst reichen Material an älteren Astwundflächen, das mir zur Verfügung steht, schon jetzt sehr gut zu verwerthen waren.

Bei diesen nach gleicher Methode (mit der Säge) zur Ausführung gebrachten Aestungen kam es mir hauptsächlich auf Beantwortung der Fragen an, welche verschiedenen Einflüsse auf die Gesundheit der Astwunde ausgeübt wurden: 1. durch die Jahreszeit der Aestung; 2. durch das Alter des Baumes; 3. durch die Grösse der Wundfläche, wobei immer nur die Flächengrösse des durchschnittenen Holzkörpers berücksichtigt wurde; 4. durch die Bekleidung der Wunde mit Steinkohlentheer.

Ich habe zu dem Zwecke analoge Aestungen ausgeführt:

1. am 5. und 6. März vor Beginn der Vegetation,
2. am 5. und 10. Mai beim Laubausbruch und beginnender Cambialthätigkeit,
3. am 5.—7. Juli bei voller Vegetation,
4. am 10.—11. September nach Beendigung der Jahrringsbildung, aber noch bei voller Belaubung,
5. am 29. November bis 16. December, bei voller Winterruhe.

An jedem dieser bezeichneten Termine wurden von mir Aestungen ausgeführt in 35-, 60- und 80jährigen Beständen.

Es wurden, soweit dies möglich, jedesmal Aeste von 10 bis 120 □cm Holzflächengrösse der Wunde entnommen und von der Zahl der Wundflächen die Hälfte getheert, die andere correspondirende Hälfte nicht getheert.

Ohne die Vollständigkeit der Versuchsreihe in irgend störender Weise zu unterbrechen, konnte ich eine Anzahl der Versuchseichen schon jetzt, d. h. im Winter 1877/78 fällen und gebe ich die Ergebnisse der Untersuchung der Astwunden in nachstehender Zusammenstellung, die in Bezug auf die letzten Spalten erst verständlich werden wird, nachdem ich über die Verschiedenartigkeit der Zersetzungserscheinungen gesprochen habe.

Eichenästungen aus dem Jahre 1875.

Fällung im Winter 1877/78.

Nr.	Alter des Baumes.	Höhe des Baumes.	Brusthöhendurchmesser des Baumes.	Höhe der Astwunde.	Stärke des Astes.	Stammdurchmesser unter der Wunde.	Flächengrösse der Wunde.	Grösse der noch nicht überwallten Fläche.	Verhältniss der nackten Fläche zur Anfangsgrösse.	Behandlung der Wunde.	Stärke der gebräunten Schicht unter der Wundfläche.	Schwarzfärbung unter der Wundfläche: Jahresringe.	Schwarzfärbung unter der Wundfläche: Porenkreis.	Baumseite.
		m	cm	m	cm	cm	cm	cm			cm			
Aestung vom 5. und 6. März.														
1	80	15	25,6	4	7,6	23	120	90	0,75	Theer	1—7 (4)	—	—	Zwieselast.
2	60	15	26,0	3	6,8	22	77	44	0,57	—	3	73—74	74	NO.
3	80	15	25,6	4	6,2	23,5	60	36	0,60	—	1—4 (2,5)	73—74	74	S.
4	60	15	26,0	2,5	5,4	22	53	19,5	0,35	—	2,5	73—74	74	NO.
5	80	15	25,6	5	5,2	21	46	24	0,54	Theer	inficirt von Hydnum.			
6	80	15	25,6	3	5,8	25,7	40	20	0,50	Theer	1	—	—	S.
7	60	15	26,0	2,5	5,0	22	36	15	0,42	Theer	1	—	—	SW.
8	60	15	26,0	4,5	4,2	21	29	23	0,79	—	$1^1/_2$	73—74	74	SO.
9	60	15	26,0	4	4	22	22	6	0,27	—	$1^1/_2$	72—74	74	SO.
10	35	8	9,4	4,5	3,3	5,2	15	8,8	0,58	—	2	72—74	74	S.
11	35	6	7,9	4,5	3,1	5,6	14	8	0,57	Theer	1	—	—	O.
Aestung vom 5. und 10. Mai.														
1	60	15	19,6	4	9,8	15	116	109	0,94	Theer	4	68—74	71	N.
2	60	15	19,6	3,5	7,0	15,6	82,5	57	0,69	—	3	63—74	74	
3	35	6	11,4	2	4	11	55	18	0,33	Theer	$1^1/_2$	72—74	74	N.
4	60	15	19,6	1,5	4	19	32,5	11,2	0,34	—	1	70—74	74	
5	35	6	11,4	2,3	3	10	19	6	0,32	Theer	1	72—74	74	SO.
6	35	6	11,4	3	2,5	7,2	12	$^1/_2$	0,04	Theer	1	73—74	74	S.
7	35	6	11,4	4	2,4	—	10,5	$^3/_4$	0,07	—	1	—	—	O.
8	35	6	11,4	4	2,4	7,4	10	$1^1/_4$	0,12	—	1	—	74	W
9	35	6	11,4	4	2	—	5	$^3/_4$	0,15	Theer	2	72—74	74	O.
Aestung vom 5.—7. Juli.														
1	80	16	22	$2^1/_2$	6,4	20	67	45	0,67	Theer	(1—3) 2	—	75	S.
2	35	9	9,4	—	6,6	8,6	63	63	1	—	2	65—75	75	Inficirt.
3	80	16	22	5	6	17	59	41	0,70	—	(1—2) $1^1/_2$	73—75	75	S.
4	60	13	16,4	4	?	14,5	58	43	0,74	—	2	73—75	75	
5	35	10	11,2	4	5	8,6	48	30	0,63	Theer	(1—3) 2	72—75	75	N.
6	60	13	16,4	5	?	12,6	11	5	0,45	Theer	1	—	75	
Aestung vom 10. und 11. September.														
1	60	15	20,2	4	9	16	130	96	0,74	Theer	$^1/_2$	—	—	S.
2	60	15	20,2	3,4	7,2	16,5	65	63	0,97	—	3	66—75 (200)	75	N.
3	60	14	23	9	6	16	56	44	0,80	—	(1—4) $2^1/_2$	—	—	Zwieselast W.
4	60	14	23	7,5	7	17	49	35	0,71	Theer	2	—	75	N.
5	60	14	23	6	6	18	49	35	0,71	Theer	$1^1/_2$	—	75	O.
6	80	16	24	4,5	7	19	40	35	0,87	—	2	74—75	75	SO.
7	80	16	24	6,5	6	18	30	27	0,90	Theer	1	—	—	S.
8	60	14	15	5	4	11,2	25	11	0,44	Theer	1	—	—	SW.
9	60	14	15	4,5	4	11,5	22	17	0,77	—	$2^1/_2$	67—75 (300)	75	W.
10	60	14	23	8,5	4	16	16	12	0,80	—	1	—	—	O.
11	80	16	24	3,5	4,5	21	16	14	0,88	Theer	$^3/_4$	—	—	SO.
Aestung vom 29. November bis 16. December.														
1	60	15	24	5,3	8,5	21	76	64	0,95	Theer	—	—	—	N.
2	60	15	24	4	7	22	72	58,5	0,81	—	$1^1/_2$	—	75	N.
3	60	15	24	4	5	22	25	17,5	0,70	Theer	1	—	—	O.
4	35	10	10	2,5	3,5	10	18	15,8	0,88	Theer	—	—	—	W.
5	60	15	24	6	4	17	12	11	0,91	—	$1^1/_2$	—	75	O.
6	35	10	10	3	2,2	8,4	8	0	—	—	$1^1/_2$	—	—	S.

Die beobachteten Zersetzungserscheinungen sind dreifach verschiedener Natur. Zunächst, aber in den seltneren Fällen, kann Infection durch Parasiten erfolgen. Sie charakterisirt sich durch schnelle Verbreitung der Zersetzung, durch die anfänglich braune, bald darauf aber charakteristische Färbung, wie sie Tafel XII—XVIII dargestellt ist. Sie geht entweder von der unter dem Wundrande liegenden, blossgelegten Holzfläche (Taf. XXI Fig. 1), oder von der Schnittfläche selbst aus.

Selbstredend ist es für das weitere Wachsthum der Parasiten gleichgültig, ob sich nach der Infection die Wunde schnell oder langsam durch Ueberwallung schliesst.

Ein zweiter Zersetzungsprocess geht von der Schnittfläche ohne Mitwirkung von Parasiten aus und zwar haben wir es hier mit der schon bei der Wundfäule der Nadelhölzer besprochenen Zersetzung zu thun, in erster Linie hervorgerufen durch das Absterben der blossgelegten Organe in Folge von Functionslosigkeit und durch das periodische Austrocknen und Durchfeuchten.

Auf einer nicht getheerten Wundfläche siedeln sich binnen kurzer Zeit in reicher Entwicklung saprophytische Pilze an, die oftmals hier und da einen schwärzlichen oder dunkelgrünen Ueberzug bilden. Dieselben gehören meist zur Verwandtschaft der Gattung Pleospora und sind von mir nicht eingehender untersucht. Taf. XXI Fig. 8 sind die kugelförmigen Pycniden eines solchen Saprophyten auf dreijähriger, nicht getheerter Sägeschnittfläche dargestellt. Das Mycel dieser Saprophyten veranlasst unter directer Mitwirkung der atmosphärischen Luft die Bräunung und Zersetzung des blosgelegten Holzkörpers. Bereits nach wenigen Monaten bräunt sich die nicht getheerte Schnittfläche bis auf 0,5 cm. Bei normal ausgeführter Aestung, d. h. wenn keinerlei Aststutz stehen geblieben ist, wenn ferner die Aestung im Winter stattfand, dringt diese Zersetzung in der Regel nicht weiter nach innen vor, als bis $1^1/_2$ cm. Nicht getheerte, vom März bis September incl. ausgeführte Aestungen bräunen sich in der Regel tiefer, nämlich von $1^1/_2$—$2^1/_2$ cm Tiefe. Bleiben bei der Aestung noch Stummel stehen, so ist selbstredend die Zersetzung oft eine noch tiefer eindringende, d. h. der Stummel stirbt ab, soweit er über den Hauptstamm bei der Aestung hervorragte (Taf. XX Fig. 5 a). Bei grösseren Stummeln und stärkeren Aesten (Taf. XX Fig. 7), bei denen bis zum Schlusse der Wunde eine längere Reihe von Jahren verfliesst, pflanzt sich die Wundfäule auch noch tiefer nach innen fort (Fig. 7 von c h b bis i), geräth aber in Stillstand, sobald mit dem Schluss der Wunde kein atmosphärisches Wasser mehr eindringt.

Anders verhält sich die Wundfläche, wenn sofort ein Bestreichen mit Steinkohlentheer erfolgt. Am günstigsten gestalten sich die Verhältnisse bei Winterästungen im November und December, zuweilen selbst schon im September. Es dringt nämlich der Theer in dieser Jahreszeit sofort in alle geöffneten Organe des Holzkörpers ein und zwar bis auf mehrere Millimeter, in den Gefässen zuweilen bis 1 cm tief (Taf. XX Fig. 4, Taf. XXI Fig. 6). In letzterer Zeichnung habe ich das Eindringen des dunklen Theers angedeutet und bemerke in Rücksicht auf eine noch oftmals geäusserte entgegenstehende Ansicht, dass der Theer, soweit er direct vordringt, zwar die Organe tödtet, sie aber gegen Zersetzung schützt, dass in unmittelbarster Nachbarschaft einer mit Theer gefüllten Holzfaser sich lebendes Holzparenchym findet, ein Beweis dafür, dass nicht etwa eine tiefergehende, nachtheilige Wirkung des Theers stattfindet. Der Theer ersetzt bei Laubhölzern den Harzüberzug der Nadelholzastwunden und ist unbedingt als Schutzmittel zu empfehlen.

Im Winter und Spätherbst geästete und gut getheerte Flächen erhalten sich oft vollständig gesund und lebend bis an die 1—2 mm tief eingedrungene Theerschicht (Taf. XX Fig. 4 a).

Im Frühjahre und Sommer dagegen dringt der Theer nicht allein nicht in die Schnittfläche ein, er haftet selbst äusserlich nur schlecht auf derselben und erzeugt dadurch einen nur sehr mangelhaften Verschluss. Es tritt hierbei die oft, zumal im Frühjahre über die Schnittfläche hervortretende Feuchtigkeit störend entgegen. Trotz der Theerung sehen wir desshalb bei allen Aestungen zur „Saftzeit“ die Schnittfläche sich auf 1—2 cm tief nachträglich bräunen. Nächst der örtlichen Verbreitung des durch Bräunung eingeleiteten Zersetzungsprocesses ist aber auch die Schnelligkeit des Zerstörungsprocesses selbst von grosser Wichtigkeit und hängt dies vor allen Dingen von der Zeitdauer ab, welche bis zum Schlusse der Wunde durch Ueberwallung vergeht. Nicht getheerte Flächen saugen wie ein Schwamm das Regenwasser in sich auf und fördert dieses die Vegetation der saprophytischen Pilze und die Zersetzung so sehr, dass oft schon vor Schluss der Wunde das Holz völlig mürbe wird. Es treten dabei Zersetzungsprocesse auf, wie ich sie Taf. XXI Fig. 9 dargestellt und in der Figurenerklärung beschrieben habe.

Theerung, zumal wenn sie ausser der Saftzeit ausgeführt ist, hält das Eindringen des Wassers ab und trägt zur Conservirung des Holzes in hohem Grade bei. Während schlecht ausgeführte Aestungen (Taf. XX Fig. 7) mit unregelmässiger Abhiebsfläche, die das Abfliessen des Wassers verhindert, mit hervorstehendem Aststutz schon bis zum Eintritt der Ueberwallung völlig mürbe Beschaffenheit des Holzes unter der Wundfläche herbeiführen können, erhält sich das Holz unter gut getheerter glatter Schnittfläche bei Winterästungen so fest und gut, dass selbst nach 70 Jahren und bei Wundflächengrösse von 10 cm Durchmesser nicht die geringste Veränderung wahrzunehmen ist (Taf. XX Fig. 6). Ich besitze mehrere Eichenastdurchschnitte von 60—70jährigem Alter, die nicht das Geringste zu wünschen übrig lassen, obgleich die Wundflächengrösse 10 cm im Durchmesser übersteigt. Sie sind ausser der Saftzeit geästet. Es erscheint nach allen mir vorliegenden älteren Aestungen im Vergleich zu den jüngeren, als ob von der Zeit der eingetretenen Ueberwallung, d. h. von der Zeit an, nach welcher Luft und Wasser nicht mehr von aussen eindringen kann, die weitere Zersetzung nur sehr langsam von Statten geht. Als Endresultat der vorstehenden Betrachtung fasse ich zusammen, dass, wenn die Wundfläche nicht von parasitischen Pilzen befallen wird, Aestungen, welche von Mitte September bis Mitte März ordnungsmässig ausgeführt und sorgfältig getheert wurden, gar keine oder nur eine Bräunung bis auf 1 cm Tiefe zur Folge haben, ohne dass desshalb diese Schicht auch in der Folgezeit erheblich an Festigkeit abnimmt. Bei Frühlings- und Sommerästungen erfolgt stets Einfaulen auch bei sorgfältigster Theerung auf mindestens 1 cm, in der Regel auf etwas grössere Tiefe. Nicht getheerte Wundflächen faulen sowohl bei Sommer- als auch bei Winterästungen $1^1/_2$—3 cm tief ein. Bleiben Aststutzen stehen, so faulen diese in ihrer ganzen Länge und bilden, zumal bei der Verspätung des Wundenschlusses, ein faules Astloch, das den Werth des Baumes erheblich schädigt.

Ich komme nun zu der bereits bei Besprechung des Ueberwallungsprocesses berührten dritten Art von Zersetzungserscheinungen der Astwunden, die nicht von der Schnittfläche ausgeht, sondern oberhalb und unterhalb der Wundfläche zwischen dem Holzkörper und der bei der Aestung losgelösten Rinde beginnt. Unter Hinweis auf das Seite 135 f. Gesagte ist zunächst die Thatsache zu constatiren, dass jede Verletzung der Cambialschicht zur Zeit der Cambialthätigkeit eine Bräunung des Holzkörpers nach sich zieht, die zu der Annahme berechtigt, dass vorzugsweise die Markstrahlzellen zur Leitung der sich bildenden Zersetzungsproducte nach innen geeignet sind. Jede Quetschwunde, wie solche z. B. regelmässig durch die Sprossen der an den Baum angelegten Leiter entstehen, wenn zur Saftzeit geästet wird, hat eine oft mehrere Centimeter tief gehende Bräunung des Holzkörpers zur Folge. Die Tödtung des cambialen Gewebes durch die Quetschung, welche der äussere Druck auf die Rinde veranlasst, bewirkt chemische Zersetzung des flüssigen Zelleninhaltes, welcher durch die Markstrahlen ins Innere geführt wird und nicht allein durch sich selbst die Bräunung des Holzes veranlasst, sondern auch den Tod resp. die Zersetzung des Zelleninhaltes der parenchymatischen Zellen der Markstrahlen und des angrenzenden Holzparenchyms nach sich zieht. Ich habe Tafel XXI Fig. 7 gezeigt, dass, soweit jene braune Flüssigkeit die Gewebe durchtränkt, eine Ablagerung von Stärkemehl nicht mehr erfolgt, also der Tod der Zellen angenommen werden muss; dass in vielen Zellen sich eine braune Flüssigkeit tropfenweise ablagert; dass dies auch im Inneren der Gefässe und der Holzfasern stattfindet; dass selbst saprophytische Pilze völlig fehlen können und eine weitere chemische Zersetzung des gebräunten Holzes nicht eintritt. Selbst nach 70 Jahren erweist sich solches Holz oft noch als völlig fest und unverändert.

Wird nun bei Aestungen durch die Operation des Sägens oder durch den Druck des sich senkenden Astes die Basthaut von dem Holzkörper abgetrennt, was äusserlich in der Regel gar nicht einmal bemerkt werden kann, so erfolgt schon hierdurch der Tod und die Zersetzung des Cambiums an den bezeichneten Stellen, wozu noch kommt, dass mit der Entstehung des neuen Jahrringes sich eine Höhlung zwischen Holz und Rinde bildet (Taf. XX Fig. 2 k), in der das Regenwasser sich sammelt, in der saprophytische Pilze freudig vegetiren und Zersetzungsstoffe erzeugen, welche, im Wasser gelöst, durch die Markstrahlen nach innen geführt werden und die Bräunung von hier aus mehr oder weniger tief veranlassen. Soweit die Cambialschicht getödtet ist, resp. die Lostrennung des Bastes vom Holzkörper stattgefunden hat, bräunt sich das Holz in der Regel von aussen nach innen durchweg und zwar je nach den äusseren Verhältnissen mehr oder weniger tief (Taf. XX Fig. 2 c. b, Fig. 3 c. b). Vorzugsweise unterhalb der Wunde, seltener und in geringerem Masse auch oberhalb derselben erstreckt sich die Bräunung über jene Grenze

hinaus. Die braunen Zersetzungsproducte sinken in den Gefässen des Porenkreises rein mechanisch abwärts und zwar zuweilen 3—4 m tief, färben zunächst den Porenkreis schwarz-braun (Fig. 2 f) und verbreiten sich bei reichlichem Herabströmen von den Gefässen aus auch seitlich in die Gewebe desselben und des älteren Jahrringes (Fig. 2 zwischen f und b).

Findet die Aestung im Frühjahre statt, also im April und Mai, dann sind es die grossen Gefässe des Vorjahres, in denen die Flüssigkeit am tiefsten hinabsinkt (Fig. 2 f). Hat dagegen die Aestung im Juni und Juli oder noch später stattgefunden, dann sinkt die Flüssigkeit in den Gefässen desselben Jahres abwärts. Erfolgte die Aestung z. B. in der ersten Hälfte Juli, zu welcher Zeit erst die Hälfte des Jahrringes fertig ist, dann bleibt die darnach sich bildende zweite Hälfte des Jahrringes völlig intact, es färbt sich nur das im Moment der Aestung bereits gebildete Holz (Fig. 3 b. f). Man kann desshalb in der Folge mit Leichtigkeit jede Sommerästung als solche constatiren, man wird auch an dem Vorhandensein einer intensiveren und sich weit von der Wunde nach abwärts ziehenden Schwarzfärbung des Porenkreises erkennen können, ob die Aestung überhaupt zur Saftzeit ausgeführt ist, jedoch kann man nicht erkennen, ob Frühlings- oder Herbstästung vorliegt. Selbst bei Winterästungen, wenn in der oben dargestellten Weise durch den Druck des abgeschnittenen Astes auf den Wundenrand eine Lostrennung des Bastes erfolgt, kann eine Schwarzfärbung der Gefässe des letzten Jahres erfolgen, jedoch in der Regel nur in unbedeutendem Masse und auch nur selten. Das weitere Verhalten der aus vorstehend geschilderter Veranlassung gebräunten Gewebe unterscheidet sich nicht wesentlich von dem Verhalten des Holzes der Schnittfläche. So lange also Luft und Wasser hinzutreten kann, schreitet die Zersetzung, wenn auch nur langsam, vorwärts, sobald kein Wasser mehr von aussen hinzukommt, hört die weitere Zersetzung fast völlig auf. Sobald die Ueberwallung von unten resp. von oben über den Rand der Schnittfläche hinausgeht, schliesst dieselbe die äusseren Jahresschichten ab und erleidet desshalb der oft sich weithin durch den Baum erstreckende schmale Streifen (Fig. 2 und 3 f, Fig. 4 d, Fig. 7 k, Fig. 6) kaum irgend eine Veränderung in der Folge, er ist desshalb in Bezug auf die Gesundheit des Baumes ziemlich gleichgültig. Ich habe in der kleinen nachfolgenden Tabelle die Länge dieses schwarzen Streifens gar nicht mit aufgenommen, sondern nur durch Angabe der Jahreszahl in der jedesmaligen vierten Spalte angegeben, ob ein solcher Streifen vorhanden war und in welchem Jahresringe er sich zeigte.

Weit nachtheiliger ist die unmittelbar unterhalb der Wunde Fig. 2 b, Fig. 3 b—h liegende, tiefer in das Holz eingedrungene Bräunung und Tödtung. Ist zumal die Wundfläche nicht getheert, oder erhält sie nachträglich Risse, so dringt das Wasser so lange in den Holzkörper ein, als überhaupt die Wunde nicht völlig geschlossen ist, und bis dahin kann ein Zersetzungszustand eingetreten sein, der für die weitere Brauchbarkeit des Holzstammes sehr störend wird.

Ich habe in der nachfolgenden Tabelle in der dritten Spalte durch die Zahl der Jahresringe einen Anhaltspunkt geboten zur Beurtheilung der Tiefe, bis zu welcher die Bräunung unter der Wunde nach innen sich fortgesetzt hat.

Getheerte Astwunden.

5.—6. März.				5.—10. Mai.				5.—7. Juli.				10.—11. September.				29. Nov. — 16. Dec.			
Grösse der Wunde.	Bräunung der Wundfläche.	Schwärzung		Grösse der Wunde.	Bräunung der Wundfläche.	Schwärzung		Grösse der Wunde.	Bräunung der Wundfläche.	Schwärzung		Grösse der Wunde.	Bräunung der Wundfläche.	Schwärzung		Grösse der Wunde.	Bräunung der Wundfläche.	Schwärzung	
		der Jahresringe.	des Porenkreises.			der Jahresringe.	des Porenkreises.			der Jahresringe.	des Porenkreises.			der Jahresringe.	des Porenkreises.			der Jahresringe.	des Porenkreises.
ø	cm			ø	cm			ø	cm			ø	cm			ø	cm		
11	4 (Zwiesel)	—	—	11	4	7	71	8	2	—	75	11,5	1/2	—	—	9	—	—	—
6,5	1	—	—	7,5	1 1/2	3	74	7	2	4	75	7	2	—	75	5	1	—	—
6	1	—	—	4,5	1	3	74	3,5	1	—	75	7	1 1/2	—	75	4	—	—	—
4	1	—	—	3,5	1	2	74					5,5	1	—	—				
				2,3	2	3	74					5	1	—	—				
												4	3/4	—	—				
Nicht getheerte Astwunden.																			
9	3	2	74	9	3	12	74	8	2	11	75	8	3	10	75	8,5	1 1/2	—	75
8	2 1/2	2	74	6	1	5	74	7,5	1 1/2	3	75	7,5	2 1/2	—	—	3,5	1 1/2	—	75
7	2 1/2	2	74	3	1	—	—	7,5	2	3	75	6,5	2	2	75	3	1 1/2	—	—
5,5	1 1/2	3	74	3	1	—	74					5	2 1/2	9	75				
5	1 1/2	3	74									4	1	—	—				
4	2	3	74																

Die umstehende Tabelle weist nach, dass im November und December getheerte Astflächen bis zu 9 cm Durchmesser sich bis 2 Jahre nach der Aestung völlig frei von jeder Zersetzung halten können; dass Aestung im Monat März und September, mit Theerung verbunden, fast stets ohne irgend welche Bräunung unterhalb der Wunde bleibt, dass nur die Schnittfläche sich auf 1—2 cm tief bräunt, eine Beschädigung, die wohl so gering ist, dass man darüber hinsehen kann. Alle Aestungen im Mai und Juli sind auch bei Theerung zu verwerfen. Dasselbe gilt für jede Aestung zur Saftzeit und in der Ruhezeit, die nicht mit Theerung verbunden ist. Am besten verhält sich unter den nicht getheerten Astwunden noch die November- und Decemberästung, obgleich bei ihr die Schnittfläche $1\frac{1}{2}$ cm tief gebräunt ist und in mehreren Fällen auch Bräunung unter dem Wundrande eingetreten ist.

Wenn ich nach Prüfung der zahlreichen, aus den verschiedensten Gegenden Deutschlands bezogenen älteren Eichenästungsobjecte unter Vergleichung mit den jüngsten von mir eingeleiteten Eichenästungsversuchen zu dem vorläufigen Resultate gelange, jede Aestung von Ende März bis Mitte September zu verwerfen, stets Theerung der Wundflächen während der zulässigen Aestungszeit von Mitte September bis Ende März vorzunehmen, so glaube ich hierzu volle Berechtigung zu haben.

Es bleibt nur noch genauer zu prüfen, wie weit man in der Zeit von Mitte September bis Ende März unter Anwendung von Theer in der Wundflächengrösse gehen darf. Es liegen mir zwar auch zur Beantwortung dieser Frage reiche Materialien vor, die ich aber doch noch nicht für genügend erachte, um ein abschliessendes Urtheil fällen zu mögen. Ich glaube, dass bei leidlich günstigen Wuchsverhältnissen, die einen Schluss der Wunde binnen circa 6 Jahren voraussetzen lassen, Wundflächengrössen von 10—12 cm Durchmesser excl. Rinde als äusserstes Mass noch gerade zulässig sein dürften. Ich muss aber darauf aufmerksam machen, dass der Durchmesser des Astes nahe der abgesägten Schnittfläche recht oft nur die Hälfte des Wundflächendurchmessers besitzt. Es würde demnach als Aststärke ein Durchmesser incl. Rinde von 6—7 cm in der Regel nicht überschritten werden dürfen. Die Folgezeit wird erst lehren, ob wir über die von mir gezogene Grenze in Bezug auf Wundengrösse und eventuell unter welchen Umständen hinausgehen dürfen.

Es bleiben auch noch mancherlei andere, nicht unwichtige Fragen zu beantworten, auf die ich nur hindeuten will, ohne dass ich in der Lage wäre, Wesentliches zur Beantwortung derselben schon jetzt beizutragen.

Zunächst ist es unzweifelhaft dem Ueberwallungsprocesse der Wunde förderlich, wenn nicht gleichzeitig zahlreiche Aeste entfernt werden, durch deren Verlust die Erzeugung von Bildungssaft in wesentlichem Masse beeinträchtigt wird, sondern, wenn die Ausästung successive stattfindet. Es wird hierdurch auch die allzureiche Entwicklung von Wasserreisern verhütet, die eine Folge des Missverhältnisses zwischen Nahrungsaufnahme aus dem Boden und verarbeitender Laubmenge ist. Oefter wiederkehrende Entnahme einzelner Aeste ist desshalb der einmaligen starken Ausästung entschieden vorzuziehen.

Zu der jetzt gebräuchlichen Methode der Astentnahme mittelst der Säge, möglichst dicht und glatt am Stamme, unter vorherigem Einschneiden von unten nach oben und dann erst von oben nach unten wüsste ich Nichts hinzuzufügen, als dass zu Vermeidung der Rindenloslösung am unteren Stammende das langsame Sinken des Astes vermieden werden muss; dass eine möglichst glatte Schnittfläche zu erzielen ist, ohne Absätze und Splitter; dass, wenn es durchführbar ist, eine Wiederholung des Theeranstriches etwa nach einem halben Jahre jedenfalls nützlich und empfehlenswerth erscheint, um etwa entstandene Risse in der Wundfläche zu verdecken. Ich hoffe, dass das Vorstehende dazu beitragen wird, die Untersuchung der hochwichtigen Frage der Eichenästung in ein richtigeres Fahrgeleis zu leiten, als dasjenige war, welches bisher eingehalten wurde.

ERKLÄRUNG DER ABBILDUNGEN.

Tafel XIX.

Fig. 1. Ein natürlich (in Folge von Unterdrückung) abgestorbener Eichenzweig. Aus der Rinde des todten Zweiges brechen die Fruchtträger von Hysterium (Colpóma) quercinum Wallr. hervor (*a*). Im Längsschnitt sieht man den abgestorbenen Theil nicht bis zur Basis hinabreichen, vielmehr erhält sich diese (*b*) gesund, so dass erst nach einigen Jahren, nachdem inzwischen der todte Ast völlig verfault und abgefallen ist, ein Ueberwachsen durch den Hauptstamm eintreten kann. Vergr. $^1/_1$.

Fig. 2. Ein natürlich abgestorbener Eichenast (*a*), von dem nach dem Verfaulen und Abfallen nur die inzwischen vom Hauptstamm umwachsene Basis (*b*) und die geschwärzte Grenzzone (*c*) zwischen dem abgestorbenen Aste und der lebenden Basis übrig geblieben ist. Ein kleinerer, schon früher vertrockneter und dann abgefallener Ast (*d*) hat einen Kryptobasten (*e*) entwickelt. Vergr. $^1/_1$.

Fig. 3. Ein stärkerer, natürlich abgestorbener Eichenast, 24 Jahre nach dessen Tode. Der Ast ist völlig verfault und abgefallen; die lebende Basis (*b*) ist im Laufe der Jahre völlig durch den dicker gewordenen Stamm eingeschlossen, nachdem oberhalb des todten Astes noch circa 6 Jahre lang dieselbe sich verdickt hat (*c*). Die schwarzbraune Grenzschicht (*d*) ist nicht oder doch nur wenig weiter nach innen vorgerückt. Erst seit 6—7 Jahren ist der faule Ast abgefallen, da erst seit dieser Zeit die neuen Holzschichten nach innen eingebogen sind (*e*) und die Asthöhle ausgefüllt haben (*f*). Zwischen den neuen Holzschichten und der Astbasis findet sich ein Raum, ausgefüllt mit in Fäulniss befindlichen Astholzrudimenten (*g*). Die Höhlung ist erst seit einem Jahre völlig geschlossen. Ueber dem Aste hat seit 24 Jahren ein ungeschwächter Zuwachs (*h*) stattgefunden, während derselbe unterhalb des Astes auf ein Minimum (*i*) gesunken ist.

Fig. 4. Ein natürlich abgestorbener Eichenast, 14 Jahre nach dem Tode. Das Kernholz (*a*) des Astes ist noch völlig hart und wenig zersetzt, während das Splintholz (*b*) schon weiss und mürbe geworden ist. Oberhalb des Astes hat ein Zuwachs noch mehrere Jahre nach dem Tode des Astes an dessen Basis (*c*) stattgefunden. Die Jahrringsbreite ist eine sehr grosse. Unterhalb des Astes ist der Zuwachs sehr gering und erst, seitdem das Splintholz mürbe geworden ist, veranlasst das Aufhören des Gegendruckes eine Steigerung des Zuwachses in Form von Ueberwallungswülsten (*d*).

Fig. 5. Ein starker abgebrochener Eichenaststumpf, von welchem die Borke grösstentheils entfernt worden ist, um den Process der Ueberwallung zu zeigen. Die Neubildung auf der oberen Seite (*a*) des Astes ist schneller vorgeschritten und stärker als an den Seiten, weil unter der todten Borke des abgestorbenen Stumpfes die Neubildung nur langsam vorschreiten kann. Von der Stelle bei * ist ein Theil in Fig. 6, von ** ein Theil in Fig. 7 in natürlicher Grösse dargestellt.

Fig. 6. Neubildung zwischen Holz und Rinde des todten Astes, unter starkem Rindendruck vor sich gehend, nach Entfernung der todten Rinde. Das todte Holz (*a*) zeigt die grossen Markstrahlen in der Längsrichtung des Astes, welche vorzugsweise Holz und Rinde mit einander verbinden. Von der Grenze der Neubildung schiebt sich ein parenchymatisches Gewebe alljährlich weiter zwischen Holz und Rinde vor und entstehen dann nachträglich in diesem Gewebe die Gefässe.

Fig. 7. Ueberwallung, von der Bruchfläche aus gesehen. Vorstehende Holztheile werden später überwachsen und bilden gewissermassen Inseln, in denen sich erst nachträglich Gefässe bilden, die in sich kreisförmig zurücklaufen und ausser Verbindung stehen mit den Gefässen, die vorher entstanden sind.

Fig. 8. Ein überwallter Eichenaststutz (Knast) mit zahlreichen Inselbildungen.

Tafel XX.

Fig. 1. Dreijährige Astüberwallung einer 35jährigen Eiche. Die Ueberwallungswülste der Seitenränder (*a*) bereits stark entwickelt, auch vom oberen Wundrande (*b*) ziemlich starke Ueberwallung, während vom unteren Rande (*c*) die Ueberwallung noch nicht zwischen Holz und Rinde hervorgekommen ist. Die Rinde ober- und unterhalb der Wunde (*d*) ist vielfach gesprengt. Die nicht getheerte Schnittfläche (*e*) zeigt viele Radialrisse. Das bei *c* durch die Markstrahlen eingedrungene Wasser mit Zersetzungsproducten hat die Schwarzfärbung eines Streifens unter der Rinde bewirkt, welcher im Querschnitt (*f*) zu erkennen.

Fig. 2. Dreijährige Astüberwallung einer am 5. Mai geästeten und getheerten 35jährigen Eiche. Die Wunde (*a*) ist nahezu geschlossen. Bei der Aestung hat sich der Bast vom Holze unterhalb bis *b*, oberhalb bis *c* losgetrennt, so dass die Ueberwallung nicht vom Rande der Schnittfläche, sondern tiefer unten zwischen Holz und Rinde beginnt. Es ist dies nebenbei angedeutet, wo *g* den Holzrand der Schnittfläche, *h* die Neubildung, *i* die losgedrängte Rinde, *k* die Grube darstellt, die sich bildet und gewissermassen als Senkgrube das Eindringen des Wassers durch die Markstrahlen in das Innere des Holzes befördert; *d* zeigt die Schnittfläche durch die alte Rinde; *e* den saftigen Rindenkörper der Neubildung. Die Schwarzfärbung ist nicht nur von der Schnittfläche aus, sondern besonders von der blossgelegten Aussenfläche zwischen Holz und Rinde eingedrungen. Die schwarze Flüssigkeit ist in den Gefässen des vor der Aestung entstandenen Jahrringes bis *f* hinabgesunken und hat sich näher der Astwunde auch seitlich der Gefässe verbreitet. Vergr. $^1/_2$.

Fig. 3. Zweiundeinhalbjährige Astüberwallung einer 35jährigen Eiche. Aestung am 5. Juli, nachdem der neue Jahrring zur Hälfte fertig war. Die Wundfläche (*a*) ist getheert. Die Rinde hat sich bei der Aestung vom Holzkörper unterhalb

der Wunde bis *b*, oberhalb bis *c* losgelöst. Der Jahresring, soweit er bis zum 5. Juli fertig war, ist schwarz gefärbt, soweit er nach der Aestung sich gebildet hat (*b*), ist er gesund geblieben. Die Neubildung unter der Wunde (*d* ist noch nicht bis zur Schnittfläche emporgestiegen, die Gefässe verlaufen nicht lothrecht, sondern in horizontaler Richtung. Oberhalb der Wunde sind die Neubildungen (*e*) bereits über die Schnittfläche hinübergewachsen. Der schwarze Streifen liegt im Porenkreise des Aestungsjahres (*f*). Im Querschnitte (*g*) erscheint der Porenkreis auf 1—2 cm Länge gefärbt. Nahe der Wunde ist die Schwärzung bis *h* vorgedrungen.

Fig. 4. Zweijährige Astüberwallung. Aestung 11. September 1875, Fällung November 1877. Baumalter 60jährig. Die Wunde ist 13,5 cm gross, zunächst bis zu $^1/_3$ von unten und dann vollends von oben abgesägt, und dann getheert. Der Theer ist gut eingedrungen, die Rinde unten fast gar nicht, oben (*b*) wenig losgetrennt. Die Neubildung unter der Wunde (*c*) ist in beiden Jahren sehr gering geblieben, vom oberen Wundrande (*b*) bereits über die Schnittfläche hinausgegangen. Das Holz der Schnittfläche ist völlig gesund geblieben. Nur von der losgelösten Holzfläche am oberen Schnittrande sind Zersetzungsproducte eingedrungen und haben den Porenkreis des Jahrringes vor der Aestung schwarz gefärbt (*d*).

Fig. 5. Dreijährige Eichenastüberwallung einer 60jährigen Eiche vom 5. März. Wundfläche 5,5 cm getheert. Die Ueberwallung von den Seiten her fast vollendet. An dem oberen und unteren Wundrande hat sich die Rinde etwas losgelöst. Die Schnittfläche auf circa 1 cm tief gebräunt. Vor 26 Jahren hat eine Stummelung an demselben Baume stattgefunden, im Frühjahre vor Beginn der Neubildung. Der Stummel ist roth-braun gefärbt und schon etwas mürbe. Ein Fortschreiten der Fäulniss auf gesundes Holz hat nicht stattgefunden. Der schwarze Streifen ist hellbraun geworden, ohne der Festigkeit des Holzes zu schaden.

Fig. 6. Eine 60jährige Eichenastüberwallung. Wunde 5,5 cm. Aestung zur Zeit der Saftruhe. Oberhalb und unterhalb der Wunde Lostrennung der Rinde vom Holz und desshalb ein brauner Streifen im Porenkreis des vorangegangenen Jahrringes. Schnittfläche ist völlig gesund und fest.

Fig. 7. Eichenaststummelung mit 18jähriger Ueberwallung. Die Schnittfläche (*a*) ist splittrig, der Aststutz unten bis *b* entrindet, oben bis *c* mit Rinde besetzt; *d* ist die Grenze der älteren Rinde. Die Ueberwallung ist auf der Unterseite (*e*) erst seit 2 Jahren über die Bruchfläche des Aststummels vorgerückt, während von oben die Ueberwallung (*f*) seit 10 Jahren eingetreten ist. Der obere Theil des Astes (*g*) ist gesund geblieben, während der übrige Theil des Stutzes (*h*) völlig verfault ist.

Tafel XXI.

Fig. 1. Neunjährige Astüberwallung einer 80jährigen Eiche mit Infection durch Polyporus sulphureus. Die 11 cm hohe Astwunde war nach 6 Jahren völlig geschlossen, bis zu welcher Zeit eine Zersetzung der Wundfläche sich nicht bemerkbar gemacht hatte. Bei der Aestung hat aber eine Loslösung der Rinde vom Holzkörper auf der Strecke *a—b* unter der Schnittfläche stattgefunden, was nicht allein an dem von *a* aus allmälig emporsteigenden Ueberwallungsprocesse, sondern auch an dem Fehlen der alten Rinde auf der Fläche von *d* bis *c* erkennbar ist, die Infection hat auf der Fläche zwischen *a* und *b* stattgefunden und ist bis *d* nach innen, bis auf 0,5 m abwärts im Stamm vorgedrungen.

Fig. 2. Dreijährige Astwunde (Aestung 5. März 1875. Fällung Februar 1878), trotz der Theerung inficirt von Hydnum diversidens. Die Rinde unter der Schnittwunde war bis zu *a* vom Holzkörper abgetrennt, die Zersetzung hatte sich vorzugsweise nach unten, in geringerem Grade auch nach oben fortgepflanzt. Die braune Zersetzungsflüssigkeit hat sich in den Gefässen des letzten Jahrringes vor der Aestung nach oben und unten verbreitet (*b*), während die parasitische Zersetzung tiefer ins Innere des Baumes eingedrungen ist (*c*).

Fig. 3. Achtundzwanzigjährige Astüberwallung einer 80jährigen Eiche. Die Zersetzung (*c*) von der circa 7 cm grossen Wundfläche aus, ist nicht weiter nach innen vorgeschritten, als bei 2jähriger Astwundfläche, obgleich die Ueberwallung erst im 11. Jahre vollendet war. Die Schwarzfärbung (*d*) des Porenkreises unter der Wunde hat sich nicht verbreitet, ist in ein matteres Braun übergegangen. Sie entstammt der Rindenloslösung unter der Astwunde *a—b*.

Fig. 4. Dreijährige Zwieselastwunde, an welcher zu erkennen, dass bei Gabelästen und allen sehr spitzwinklig zum Hauptstamme stehenden Aesten ein eingewachsener Stummel auch bei vorschriftsmässiger Aestung nicht zu vermeiden ist.

Fig. 5. Querschnittfläche durch einen Eichenjahresring. *a* bildet die Grenze des vorjährigen Jahrringes, *bb* die Breitfaserschicht als Grenze des gezeichneten Ringes. Derselbe zerfällt in einen inneren lockeren *a—f*, und einen äusseren festen *f—b* Theil. Der innere (Frühjahrsschicht) zeigt grosse Gefässe ohne (*c*) und mit (*d*) Füllzellen, zwischen denen dünnwandige Tracheiden den Raum vorwiegend ausfüllen. Von der Frühjahrsschicht verlaufen zwei aus kleineren Gefässen (*e, e*) und Tracheiden bestehende Zweige in das feste Herbstholz. Letzteres besteht vorwiegend aus Holzfasern (*g*), welche von mehreren peripherisch verlaufenden Schichten von Holzparenchym (*h*) durchzogen werden. Zahlreiche einreihige Markstrahlen (*i*) verlaufen radial. Ein grosser Markstrahl ist nicht gezeichnet. Vergr. 20.

Fig. 6. Längsschnitt durch eine im Winter getheerte Astwunde. Der Theer bekleidet nicht allein die Wundfläche äusserlich (*a*), sondern dringt in alle geöffneten Organe ein, schliesst dadurch dieselben gegen aussen ab (*b*). Gefässe ohne Füllzellen mit eingedrungenem Theer und eingeschlossenen Luftblasen (*c*). Gefässe mit Füllzellen, welche das Eindringen verhindert haben. Vergr. 40.

Fig. 7. Längsschnitt durch Eichenholz aus der Nähe des schwarz gefärbten Streifens unter einer Astwunde: *a* lebendes, mit Stärkemehl erfülltes Holzparenchym; *b* normale Tracheide; *c* functionslos gewordenes Holzparenchym; *d* zwei Holzfasern durch braune Flüssigkeit erfüllt; *e* Holzparenchym mit zersetztem Zelleninhalt, welches theils noch die Form der Stärkekörner erkennen lässt, theils zu runden Tropfen zusammengeflossen ist; *f* Tracheide mit brauner Flüssigkeit; *g* Innenraum eines Gefässes mit Füllzellen, die braun gefärbt sind. Tropfen einer braunen Flüssigkeit *a*. Die Grenze zwischen zwei Gefässgliedern als Kante angedeutet (*h*). In den Markstrahlen (*k*) verhält sich der Inhalt

analog den Längsorganen. Ueber *e* und *f* sind die Markstrahlzellen nicht in der Längsrichtung, sondern schräg durchschnitten, da sie dem Gefäss ausbiegen.

Fig. 8. Oberfläche einer nicht getheerten 3jährigen Eichenastwunde. Auf derselben lagern ganze (*a*) und durchschnittene Pycniden (*b*) eines Ascomyceten, dessen Mycel in dem gebräunten Holze der Astfläche vegetirt.

Fig. 9. Zersetzungszustand des braun gefärbten erweichten Holzes unter einer circa 30jährigen Astwundfläche. Einzelne feine Pilzfäden, vielleicht das Mycel des in Fig. 8 dargestellten Ascomyceten sind in den Organen zu erkennen, sowie mehrfache Durchbohrungen der Wände. Aeusserst zahlreiche Zellchen geringster Grösse erfüllen die Organe hier und da, wahrscheinlich Hefebildungen der Mycelfäden. Die erweichte Innenwandung der Tracheide (*a*) zeigt über jedem Linsenraume einen langen, schrägen Spalt der Innenwandung; *b* eine Holzfaser, deren Wandung noch nicht wesentliche Auflösungsprocesse zeigt; *c* Holzparenchym; *d* Holzfaser, deren Innenwandung in vier schmalen Spirallinien die ersten Auflösungserscheinungen zeigt; *e* Holzfaser mit zwei Spirallinien, die aber theilweise sich schon sehr verbreitert haben; *f* Holzfaser, deren Innenwandung in einem breiten Spiralbande nahezu völlig aufgelöst ist; *g* eine Tracheide mit völlig aufgelöster Innenwand und Spuren der gehöften Tipfel; *h* Tracheiden oder Holzfasern nur noch aus einer äusserst zarten Haut bestehend; *i* Markstrahlen.

Fig. 10. Eichenholz aus dem Inneren eines von unten bis oben hohlen und ausgefaulten Baumes: *a* Gefäss mit einem Stück (*b*) in Zersetzung begriffener Wandung; *c* Tracheide mit regellos spiralig verdickter in Auflösung begriffener Innenwandung; *d* Nahezu völlig aufgelöstes Holzparenchym. *e. f. k.* Verschiedene Auflösungsstufen der Tracheiden; *g* ein Tipfel, dessen Schliesshaut durch Auflösung des zarten Randes sich bereits theilweise losgelöst hat; *h* Tipfel nach völliger Auflösung der Schliesshaut; *i* Holzfasser nach Auflösung der Innenwand. Die äussere Wandschicht ist fein spiralig gestreift. Im Inneren der Organe finden sich Mycelbildungen und Sporen saprophytischer Pilze, die vom Erdboden aus in das faule Holz der Eiche eingedrungen sind und theilweise den bei der Wurzelfäule und Wundfäule der Fichte und Kiefer auftretenden Pilzen Taf. XI Fig. 9 verwandt sind. *l* Zartes Mycel mit vielen rechtwinklig abstehenden, gleich langen, an der Spitze oftmals umgebogenen Seitenästen; *m* stärkere, septirte Hyphen; *n* Pycniden, theils noch geschlossen, theils geöffnet und leer; *o* Oftmals verästelte Ketten dunkelbrauner Zellen, wahrscheinlich Gemmenbildungen; *p* Sporangium eines Saprophyten.

RÜCKBLICK AUF DIE ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGEN DES EICHENHOLZES.

Im Anschluss an das Seite 82—91 bezüglich der Zersetzungserscheinungen des Nadelholzes Gesagte will ich nachfolgend dasjenige hervorheben, was sich bei der Untersuchung der Zersetzungserscheinungen des Eichenholzes als besonders interessant und von allgemeinerer Bedeutung herausgestellt hat.

Auch die Zersetzungsprocesse des Eichenholzes verdanken ihre Entstehung entweder parasitischen Pilzen oder äusseren Verwundungen, die wie beim Nadelholze eine Wundfäule erzeugen, wogegen die Erscheinungen der Wurzelfäule von mir noch nicht beobachtet sind. Es ist damit aber noch nicht gesagt, dass nicht unter Umständen auch ein Ersticken und Faulen der Eichenwurzeln eintreten könnte.

Die parasitischen Holzpilze erzeugen die schnell sich verbreitenden und zugleich eine schnelle Zersetzung herbeiführenden Processe, die fast stets von Astbrüchen oder künstlichen Astwunden, seltener von anderen oberirdischen oder unterirdischen Wundflächen ausgehen. An den Astwunden ist es weniger die Schnittfläche selbst, als vielmehr die unmittelbar unterhalb derselben liegende Holzfläche, welche den Parasiten als Angriffspunkt dient. Bei allen zur Zeit der cambialen Thätigkeit stattfindenden Aestungen löst sich die mit dem Holzkörper nicht sehr fest verbundene Basthaut unter der Wunde von dem Holze los, wobei besonders das langsame Herabsinken des Astes durch den auf die Basthaut des unteren Wundrandes ausgeübten Druck gefährlich wird. Die Neubildung unter dem Wundrande hebt die alte, abgestorbene Basthaut vom Holzkörper ab und lässt dadurch eine von oben offene Höhlung entstehen, in welcher das atmosphärische Wasser mit den darin enthaltenen Sporen von der Schnittfläche aus sich sammelt und die Keimung der letzteren sehr begünstigt wird.

Die Zerstörungsart ist bei der Einwirkung parasitischer Pilze lediglich bedingt durch die Pilzspecies und findet völlig unabhängig von äusseren Verhältnissen im geschlossenen Bauminneren statt. Begegnen sich im Inneren des Baumes zwei verschiedene Parasiten, so entsteht ein Zersetzungsprocess, der von dem der einzelnen Pilze völlig verschieden und für jene Combination durchaus charakteristisch ist.

Die einzelnen Processe sind in der Kürze zu charakterisiren, wie folgt:

1. Polyporus sulphureus Fr. (Taf. XIV). Die schwefelgelben annuellen Fruchtträger erscheinen in grosser Zahl und dicht gedrängt übereinander stehend besonders häufig am unteren Theile der alten Eichen aus zufällig vorhandenen Löchern der todten Borke. Das Holz wird anfangs oft röthlich, später gelbbraun, und die grossen Gefässe füllen sich mit weissem Mycel. Später wird das Holz mürbe, zwischen den Fingern zerreiblich, innen trocken mit zahlreichen, rechtwinklig auf einander stossenden Klüften, wodurch das Holz in würfelförmige Stücke zerfällt. Die Spalten und etwa vorhandenen Hohlräume (Asthöhlen) füllen sich mit hell gelblich-weissem Mycel an und entstehen dadurch oft sehr dicke und ausgedehnte Mycelhäute resp. Mycelkörper von Kindskopfgrösse. Das Mycel ist relativ dick und dickwandig.

Die Bräunung des Holzkörpers ist nicht allein Folge davon, dass sich in vielen Organen, besonders in den Parenchymzellen eine bräunliche, auflösliche Substanz findet, sondern auch die Wandungen selbst gebräunt werden. Dieselben trocknen gewissermassen zusammen, erhalten (wie bei Polyporus mollis Taf. IV) spiralig aufsteigende Risse, die aber nur den inneren Theil der Wandung durchziehen. Das Stärkemehl verliert scheinbar zuerst den Cellulosebestandtheil, wodurch die Granulose gleichsam auseinanderfliesst. In verdünntem Ammoniak löst sich 35,3 Procent, in concentrirter Kalilauge fast das ganze Holz auf.

Der Kohlenstoffgehalt vermehrt sich in Vergleich zu gesundem Eichenkernholz von 49,24 auf 55,18, der Sauerstoff sinkt von 45,29 auf 39,72 herab, wir haben es also mit einer Art von Verkohlung zu thun.

2. Polyporus dryadeus Fr. (Taf. XVII). Die meist sehr grossen, hufförmigen, annuellen braunen Fruchtträger sind äusserst selten, einzeln an den oberen Baumtheilen aus einer verletzten Rindenstelle oder an einem Aststumpf zum Vorschein kommend. Das Holz wird zuerst braun, zeigt dann theils weisse, theils gelbliche unregelmässig geformte Längsflecken, von denen erstere sich in Hohlräume verwandeln, in deren Innerem sich zahlreiche weisse Fasern erhalten. Zwischen den gelben und weissen Holztheilen bleiben viele braune harte Stellen lange Zeit erhalten. Der äusseren Luft und Feuchtigkeit ausgesetzt z. B. in Aststümpfen oder in der Nähe der Fruchtträger verwandelt sich das Holz in eine zimmetbraune filzige Mycelmasse, in welcher weisse Kanäle nach allen Richtungen hin verlaufen. Innerhalb der weissen Flecken tritt eine Umwandlung der Wandungen in Cellulose, darauf die Auflösung zuerst der Aussenwandungen, sodann der Innenwand und zuletzt des Stärkemehls ein. In dem gelben Holze findet diese Umwandlung in Cellulose nicht statt, die Auflösung erfolgt vom inneren Lumen nach aussen fortschreitend statt. In verdünntem Ammoniak löst sich nur 16,5 Procent, also kaum mehr als bei gesundem Kernholz.

Die chemische Zusammensetzung ist fast genau dieselbe, wie die des gesunden Kernholzes, d. h. der Kohlenstoffgehalt ergab 49,24, gleich dem gesunden Holze, der Sauerstoffgehalt betrug 45,28, während gesundes Holz 45,29 zeigt. Die verschiedenen Zersetzungsprocesse im Holze halten sich also in ihrem Gesammteffecte bezüglich des Kohlenstoff- und Sauerstoffgehaltes das Gleichgewicht.

3. Polyporus igniarius Fr. (Taf. XV und XVI). Die harten, perennirenden Fruchtträger dieses Pilzes sind allgemein bekannt und sehr oft am Stamm oder an den Aesten alter Eichen anzutreffen. Die Zersetzung des Holzes ist eine Art Weissfäule, bei der, zumal wenn das Holz ein wenig der Luft ausgesetzt wird, ein etwas gelblicher Ton charakteristisch ist. Der Auflösung der inneren Zellwand geht eine Umwandlung in Cellulose voraus; es verschwindet zuerst diese, worauf zuletzt auch die äussere Wandung in Cellulose verwandelt wird und sich auflöst. Reichliches Mycel tritt an Stelle der zerstörten Gewebe.

Die chemische Analyse weist nach, dass der Kohlenstoffgehalt um etwas durch die Zersetzung zugenommen hat, d. h. von 49,24 auf 50,25 Procent, dass dagegen der Sauerstoff von 45,29 auf 43,87 gesunken ist. Beachtenswerth ist diese Thatsache, insofern sie wiederum beweist, dass die herrschende Ansicht, nach welcher die Weissfäule ein Oxydationsvorgang sei, als unzutreffend bezeichnet werden muss.

4. Aus der gleichzeitigen Einwirkung des Mycels von Polyporus igniarius und Polyporus dryadeus geht eine Zersetzungsform (Taf. XV, Fig. 4) hervor, die durch schneeweisse Markstrahlen auf anfänglich braunem, später gelblich-weissem Grunde sich auszeichnet. Sowohl die Markstrahlzellen, als auch die angrenzenden Organe verwandeln sich in Cellulose und werden durch Auflösung der Aussenwandung isolirt, während das in den grossen Markstrahlen sehr reichlich vorhandene Stärkemehl sich bis zur Auflösung der Cellulosewandungen erhält. Es zeigt im trocknen Zustande Risse und innere Hohlräume, im feuchten Zustande erweist es sich als specifisch sehr leicht und durch Jod sich nur noch schwach hellblau färbend.

5. Hydnum diversidens Fr. (Tafel XII). Die schmutzigweissen Fruchtträger mit herabhängenden Zähnen entstehen an Wundstellen, Astlöchern und aus der Rinde zersetzter Aeste. Besonders interessant ist das Dickenwachsthum der Zähne durch Entstehung von 5—8 übereinanderliegenden Hymenialschichten. Das inficirte Holz zeigt zunächst eine Bräunung, die in dem Frühjahrsholze jedes Jahrringes alsbald in eine gelbe Farbe übergeht, so dass zusammenhängende Längsstreifen von gelber und hell röthlich-brauner Farbe sich bilden. Später überwiegt immer mehr die gelbe Farbe, während die grossen Markstrahlen am längsten die bräunliche Farbe behalten. Bei hohem Zersetzungsgrade verwandelt sich zuerst das Frühlingsholz einzelner Jahresringe in weisse, reine Pilzmasse. Die Auflösung der Zellwände beginnt mit der innersten Schicht der Innenwandung, die sich in eine gallertartige Substanz verwandelt, ohne Cellulosereaction zu

zeigen. Später zerfliesst die ganze Innenwand in Gallerte und erst nach Auflösung derselben wird auch die Aussenwand resorbirt.

Die Löslichkeit in verdünntem Ammoniak ist dieselbe, wie im gesunden Eichenholze. Die Elementaranalyse ergab wiederum fast dieselbe Zusammensetzung wie bei gesundem Holze, nämlich eine Abnahme des Kohlenstoffs von 49,24 auf 48,92 und eine Abnahme des Sauerstoffs von 45,29 auf 45,14. Es hatte also nur eine Steigerung des Wasserstoffs von 5,47 auf 5,94 stattgefunden.

6. Telephora Perdix m. (Taf. XIII). Die unscheinbaren, anfangs krustenartigen, später halbkugelförmigen, auf der noch frischen Oberseite hellbraunen, auf den abgestorbenen Theilen dunkelkaffeebraunen Fruchtträger entstehen im Inneren der von Parasiten bereits stark zersetzten und hohl gewordenen Bäume. Die perennirenden Fruchtträger verdicken sich alljährlich durch Neubildung einer Hymenialschicht über der vorjährigen. Die Basidien sind durch haarförmige Auswüchse charakterisirt. Das Holz lässt auf rehbraunem Grunde zuerst rundliche weisse Flecken, die oft in radiale oder schräge Reihen geordnet sind, erkennen, später treten an deren Stelle scharf umgrenzte rundliche Höhlen. Zuletzt bildet das Holz nur eine grosszellige Masse, bei der die Substanz zwischen den Höhlen die ursprüngliche Festigkeit sich bewahrt hat. Vorzugsweise findet sich die Erscheinung in den unteren Baumtheilen und vermuthe ich als Regel Infection durch Wundstellen der Wurzeln. Innerhalb der weissen Flecke und in den weissen Höhlenwandbekleidungen findet Umwandlung zu Cellulose, Auflösung der Aussenwandung und dann erst Auflösung der Innenwandung statt, während die Stärkekörner ihren Granulosegehalt von aussen nach innen allmälig verlieren. Nach Aussaugung der Granulose zeigen die Körner eine dickwandige Hülle, wahrscheinlich aus Cellulose bestehend, die sich verdünnt und vor der Auflösung gekörnelt erscheint. Die mehr graugefärbten Wandungen der älteren Höhlen des Holzes zeigen dagegen keine Umwandlung der Cellulose, dagegen unter üppiger Mycelentwickelung und Wanddurchlöcherung eine gleichmässige Auflösung der inneren und äusseren Wandschicht.

7. Stereum hirsutum Fr. (Taf. XVIII). Der Fruchtträger dieses Pilzes, der auch als Saprophyt eine hervorragende Rolle zu spielen scheint, sitzt an Astwunden oder kommt in den Borkerissen zum Vorschein, bildet eine anfänglich graue, oder etwas gelbliche glatte Kruste, die sich am Rande umbiegt, auf der oberen Seite dann hutförmig entwickelt und auf der sterilen Seite rauhhaarig, hirschbraun wird. Im gesunden Holze bildet der Pilz zunächst schneeweisse oder gelbe Längsstreifen, die beiderseits braun eingefasst sind. Im todten Holze erzeugt der Pilz einen gleichmässig gelblich-weissen Zersetzungszustand, während die Markstrahlen sich oft in eine weisse Pilzmasse, selbst das ganze Holz in weisses Mycel umwandelt. Der Zersetzung innerhalb der weissen Stellen und Bänder geht die Umwandlung in Cellulose voran, während das gelbweisse Holz sich nicht in Cellulose verwandelt. Nur das letztere ist chemisch untersucht und zeigte, dass der Kohlenstoff sich von 49,24 auf 48,79 vermindert, der Sauerstoff von 45,29 auf 45,50 sich vermehrt hatte. Die in verdünntem Ammoniak löslichen Theile bilden 12,6 Procent der Substanz, sind also geringer als im gesunden Holze.

Zu den vorbesprochenen Zersetzungsprocessen treten noch mehrere, die aber aus Mangel an genügendem Material noch nicht bearbeitet werden konnten, nämlich:

8. Fistulina hepatica Fr. der Leberpilz, durch welchen das lange Zeit hindurch fest bleibende Holz tiefrothbraun gefärbt wird, ohne solche Spalten oder Mycelbildungen zu zeigen, wie Polyporus sulphureus.

9. Polyporus fomentarius L. Der mehr noch an Rothbuchen vorkommende ächte Feuerschwamm, erzeugt eine Art Weissfäule der Eiche.

10. Daedalea quercina Pers. vorzugsweise an alten Eichenstöcken, verbauten Eichenschwellhölzern u. s. w., aber auch an nicht getheerten grossen Eichenastwunden sich entwickelnd, wahrscheinlich nur Saprophyt, veranlasst eine graubraune Zersetzung mit reicher Mycelentwickelung in Spaltenräumen.

Bevor ich nun zur Besprechung der nicht von parasitischen Pilzen abhängigen Zersetzungsprocesse übergehe, will ich meine Ansichten über diejenigen Massregeln kurz zusammenfassen, die der Forstmann zum Schutz gegen die vorgenannten Parasiten zu ergreifen hat.

Gegen die Infection parasitischer Pilze schützt, wie ich bereits Seite 84 ausgeführt habe, die planmässige Beseitigung der „Schwammbäume“ und damit die Verminderung der gefährlichen Sporenerzeugung.

Je mehr alte, überständige Eichen mit Fruchtträgern parasitischer Pilze in einer Gegend sich vorfinden, um so mehr sind die jüngeren Eichen, insbesondere bei Ausästungen, der Gefahr der Infection ausgesetzt. Vom finanziellen Gesichtspunkte ist die Nutzung älterer Eichen, sobald sie durch Hervortreten von Pilzfruchtträgern die innere Zersetzung verrathen, unbedingt anzurathen, da mit jedem Jahre die Entwerthung bedeutend zunimmt. Aus Rücksichten der Nachhaltigkeit in der Gegenwart noch werthvolle, aber erkrankte Eichen unbenutzt lassen, um nach 20 und mehr Jahren werthloses Anbruchholz dafür zu nutzen, dürfte doch selbst der enragirteste Gegner der rein finanziellen Wirthschaftsgrundsätze nicht wohl verantworten können, und doch geschieht dies bekanntlich im grossen Wirthschaftsbetriebe ziemlich allgemein. Es ist hier nicht der Ort, um auf die interessanten Fragen der Höhe der Umtriebszeit u. s. w. einzugehen. Meine aus eingehenden Untersuchungen hervorgegangenen Ansichten habe ich in meiner „Rentabilität der Fichtennutzholz- und Buchenbrennholzwirthschaft, Stuttgart 1868" mitgetheilt. Ich weiss sehr wohl, dass die Berechnung des wirthschaftlichen Haubarkeitsalters aus dem Massen-, Werth- und Theuerungszuwachse auf sehr schwachen Füssen steht, und dass wir bei praktischer Durchführung dieser sogenannten rationellen Wirthschaftsmassregeln sehr bald in Verhältnisse gerathen würden, durch welche alle, selbst mit der grössten Subtilität vorausberechneten Holzpreise u. s. w. sich als illusorisch erweisen, aus dem einfachen Grunde, weil die Grundlagen zur Berechnung der Holzpreise den gegenwärtig bestehenden Productions- und Consumtionsverhältnissen entnommen sind, dass mit einer eingreifenden Veränderung der Umtriebszeit auch die Grundlagen zu jenen Berechnungen, insbesondere die Holzpreise, eine Veränderung erleiden, die gar nicht voraus zu taxiren ist, dass insbesondere die beliebte Vorschrift, mit der Umtriebsverkürzung so allmälig vorzugehen, dass keinerlei Druck auf die Holzpreise ausgeübt werde, eine höchst gefährliche und zu Täuschungen führende ist. Einerseits wird ja durch vorübergehende Vermehrung des Angebotes auch dann ein Druck auf die Holzpreise ausgeübt, wenn deren natürliche Steigerung verhindert wird, andererseits tritt während der Umtriebsverkürzung nur ein gesteigerter Absatz starker Sortimente ein, der durch den Druck auf den Marktpreis zu immer niedereren Umtriebszeiten auffordern muss. Wie sich die Holzpreise in Folge der Umtriebskürzung stellen werden, erfahren wir nicht etwa schon dann, wenn mit der Nutzung der disponibel gewordenen Althölzer aufgehört wird, sondern erst, nachdem sich auch ein entsprechendes Altersclassenverhältniss im Walde wieder hergestellt hat, d. h. nach vielen Decennien, und dann dürfte es etwas zu spät sein, um zu dem Umtriebe der höchsten Werthproduction zurückzukehren. Ich bitte, die vorstehende Abschweifung damit entschuldigen zu wollen, dass es mir wünschenswerth war, nicht etwa als blinder Anhänger der sogenannten rationellen Wirthschaftsprincipien Presslers zu gelten, wenn ich mich gegen das unwirthschaftliche Ueberhalten abständiger Bäume aus sogenannten Rücksichten der Nachhaltigkeit entschieden ausspreche. Ich muss aber auch ferner erklären, dass ich eine grosse Vorliebe für alte Eichen habe, dass ich desshalb einer rücksichtslosen Fällung aller alten Eichen ebensowenig das Wort reden möchte, wie etwa der völligen Ausrottung des Wildes. Lasse man doch ja in der Nähe menschlicher Wohnungen, an Wegen, an allen Punkten, wo man aus Gründen der Waldverschönerung oder vielmehr der Waldschönheit eine alte Eiche nicht gern entbehren möchte, dieselbe stehen, bis sie in sich zusammenstürzt. Es ist dies durchaus zulässig und würde ich es lebhaft bedauern, wenn aus Veranlassung meiner obigen Aufforderung der zum Glücke immerhin nur selten vorkommende Vandalismus, der sich in Fällung malerisch schöner alter Eichen an frequenten Plätzen äussert, einen wissenschaftlichen Deckmantel bekommen sollte. Abgesehen von diesen ästhetischen Rücksichten kenne ich aber keinen Gesichtspunkt, von dem aus die Erhaltung der unzähligen alten Anbrucheichen im Inneren geschlossener Bestände sich rechtfertigen sollte. Gewiss ist den Vögeln dringend ein grösserer Schutz zu wünschen, desshalb aber, weil möglicherweise einmal ein Vogel, oder eine Fledermaus in einer Eiche den Aufenthalt wählen könnte, die alten Eichen stehen zu lassen, dem vollständigen Verderben zu überliefern, und als Infectionsheerd für den jungen Eichennachwuchs zu conserviren, kann ich nicht billigen. Man geht auch nach dieser Richtung hin von Seiten der Vogelschutzvertheidiger zu weit. Es ist dann jedenfalls empfehlenswerther, hier und da Nistkästen anzubringen, wie ganze Bäume als Nistkästen zu opfern.

Die zweite Massregel, die dem Forstmann zur Vermeidung des Schadens durch parasitische Pilze zur Verfügung steht, beruht darin, dass er bei etwa wünschenswerthen Ausästungen nur von Mitte

September bis Ende März, also während der Ruhezeit des Cambiums, ästet und stets sofort die Wundfläche mit Theer bestreicht. Ich komme hierauf gleich zurück, nachdem ich zuvor über die zweite Art der Zersetzungsprocesse der Eiche gesprochen habe, welche ohne Mitwirkung parasitischer Pilze von Wundflächen ausgeht. Man unterscheidet bekanntlich in der Praxis meist nur zwischen Trockenästung und Grünästung, ohne dabei zu berücksichtigen, dass Trockenäste entstehen können in Folge des natürlichen Unterdrückungsprocesses und andererseits in Folge des Absterbens und Vertrocknens der Stümpfe abgebrochener grüner Aeste. Die ersteren sind die ungefährlicheren, weil sie unter der Einwirkung saprophytischer Pilze in der Regel so zeitig abfallen, dass sich der Baum bis dahin nur um die Höhe der von Anfang an lebendig bleibenden Astbasis verdickt hat, also ein eigentliches Astloch nicht entsteht. Nur wenn stärkere Aeste noch unterdrückt werden, kommt es vor, dass sie „einwachsen", d. h. dass vor dem Abfallen derselben der Baum so dick geworden ist, dass schon ein Theil des todten Astes von dem Stamm eingeschlossen ist. In solchen Fällen scheint es dann oft, als habe sich die Zersetzung im Laufe der Zeit weiter nach innen fortgesetzt, was aber nicht der Fall ist. Es entstehen dann Asthöhlen, die von den Ueberwallungsschichten nicht völlig ausgefüllt werden, und lästig sind, aber sich nicht, oder nur sehr wenig tiefer in den Baum fortsetzen.

Die Stümpfe durch Sturmwind etc. abgebrochener grüner Aeste verhalten sich ebenso wie die Stummel ordnungswidrig ausgeführter Grünästungen, d. h. sie sterben ab, da sie functionslos geworden sind und überwallen allmälig von der Basis aus, bis die Neubildungen die obere Bruchfläche erreicht und darüber sich geschlossen haben, oder der Aststumpf in Folge der Zersetzung abgefallen ist. In beiden Fällen umschliesst die Neubildung (Knast) einen todten und zersetzten Holzkörper, der oft, zumal dann, wenn nach dem Abbrechen des äusserlich hervorstehenden Stutzes das Wasser in die dadurch entstandene Asthöhle eindringt und sich ansammelt, nach kurzer Zeit in eine braune Jauche verwandelt wird.

Waren an dem abgebrochenen grünen Aste Parasiten eingedrungen, so veranlassen diese eine schnell ins Innere des Stammes eindringende Zersetzung, handelt es sich nur um Saprophyten, dann fault eben nur der umwachsene resp. eingewachsene Aststutz ab und die Zersetzung dringt nur äusserst langsam oder gar nicht nach innen weiter vor. In allen Fällen ist Trockenästung empfehlenswerth, weil erstens die Ueberwallung dadurch beschleunigt und ferner die Entstehung der Höhlen dadurch verhütet oder doch deren Grösse wesentlich vermindert wird. Hat sich bereits ein Astwulst an der Basis des Trockenastes gebildet, so schneide man diesen ebenfalls ab, um den Ueberwallungsprocess zu beschleunigen, selbstredend unter den, für die Grünästung gültigen Vorschriften, d. h. man darf nur ausser der Saftzeit und unter Anwendung von Theerstrich ästen.

Die eigentliche Grünästung ist nur statthaft während der Zeit von Mitte September bis Ende März und zwar einestheils, weil nur in dieser Zeit, besonders im Herbst und Winter der Steinkohlentheer in die Schnittfläche eindringt und die geöffneten Organe des Holzkörpers verstopft, anderentheils weil es von April bis Anfang September nicht zu vermeiden ist, dass sich oberhalb und besonders unterhalb der Schnittfläche die Basthaut von dem Holzkörper etwas loslöst. Es geschieht dies theils beim Sägen, theils beim Herabsinken des abgeschnittenen Astes, wobei dessen untere Kante auf den Bastkörper des unteren Wundrandes einen nachtheiligen Druck ausübt. Um diesen Druck auf den unteren Wundrand zu verhüten, ist auch bei Herbst- und Winterästungen das allmälige Senken des Astes während des Absägens durch Unterstützung desselben möglichst zu verhüten. Unterhalb der Schnittfläche zwischen Holz und losgelöster Basthaut findet nicht allein in der Regel die Infection durch Parasiten statt, gegen die also der Theeranstrich der Schnittfläche nicht schützen kann, es dringt auch von hier durch Vermittelung der Markstrahlen das atmosphärische Wasser ein, der getödtete und gebräunte Zelleninhalt löst sich im Wasser und die braune Lösung sinkt in den Gefässen der äussersten Jahresringe oft mehrere Meter tief in dem Stamme abwärts. Die Bräunung, welche unterhalb der eigentlichen Wunde auch in horizontaler Richtung oft mehrere Centimeter tief eindringt, vereinigt sich mit der von der Schnittfläche selbst ausgehenden Bräunung. Ist die Schnittfläche gut getheert, so dass kein Wasser einzudringen vermag, dann erhält sich das gebräunte Holz fest und in technisch brauchbarem Zustande viele Decennien lang. Ist die Schnittfläche nicht getheert, oder bei Ausführung der Aestung zur Saftzeit getheert, desshalb schlecht gegen Wassereinsaugung geschützt, dann schreitet bis zum Schluss durch Ueberwallung die Zersetzung unter Einwirkung saprophytischer Pilze

und des Sauerstoffs der Luft so schnell vorwärts, dass bei allen grösseren Wunden ein Zersetzungszustand eintritt, der die gebräunte Holzschicht so mürbe macht, dass sie technisch unbrauchbar wird. Ich bemerke jedoch nochmals, dass ohne Zuthun parasitischer Pilze nur ein etwa stehen gebliebener Aststummel oder, wo dieser fehlt, eine nur wenige Centimeter tiefe Schicht von der Schnittfläche aus abstirbt, sich bräunt und mehr oder weniger zersetzt, dass ein Fortschreiten der Zersetzung ins Innere zumal nach Schluss der Wunde durch Ueberwallung nicht zu befürchten ist. Es gilt dies auch für ähnliche Wunden, wie sie durch das Köpfen von Heistern oder auf den Stock Setzen von Lohden entstehen. Ein erst später zu Tage tretender Nachtheil solcher Operationen dadurch, dass jene kleinen Wundstellen den Ausgangspunkt der Zersetzung im Inneren des Baumes, der Stockfäule u. s. w. bilden, ist nicht zu befürchten.

Die günstigste Zeit der Aestung dürften die Monate October, November oder December sein, zumal in dieser Zeit allzugrosse Kälte noch nicht störend in die Ausführung der Arbeiten eingreift. Thatsache ist, dass in der Praxis heutzutage gerade in der Zeit geästet wird, welche die meisten Gefahren für die Gesundheit der Bäume in sich birgt, und zwar geschieht dies, weil während der Sommermonate dem Forstpersonal hiefür die meiste Zeit zur Verfügung steht und anderentheils die Arbeiten sich jedenfalls angenehmer dirigiren lassen, wenn man auf grünem Rasen im Schatten einer Eiche liegend, den Arbeiten behaglich zusehen kann, als wenn man mit kalten Füssen oder im regnerischen Wetter dabei steht. Die vielfach hervorgetretenen ungünstigen Resultate der Eichenästung schreibe ich in erster Linie der Jahreszeit zu, in welcher sie ausgeführt wurden, anderentheils allerdings auch der Entnahme übertrieben starker Aeste. Wundflächen von mehr als 10—12 cm Durchmesser möchte ich nach meinen bisherigen Erfahrungen nicht als zulässig betrachten, doch muss hierüber die Folgezeit noch weiter belehren.

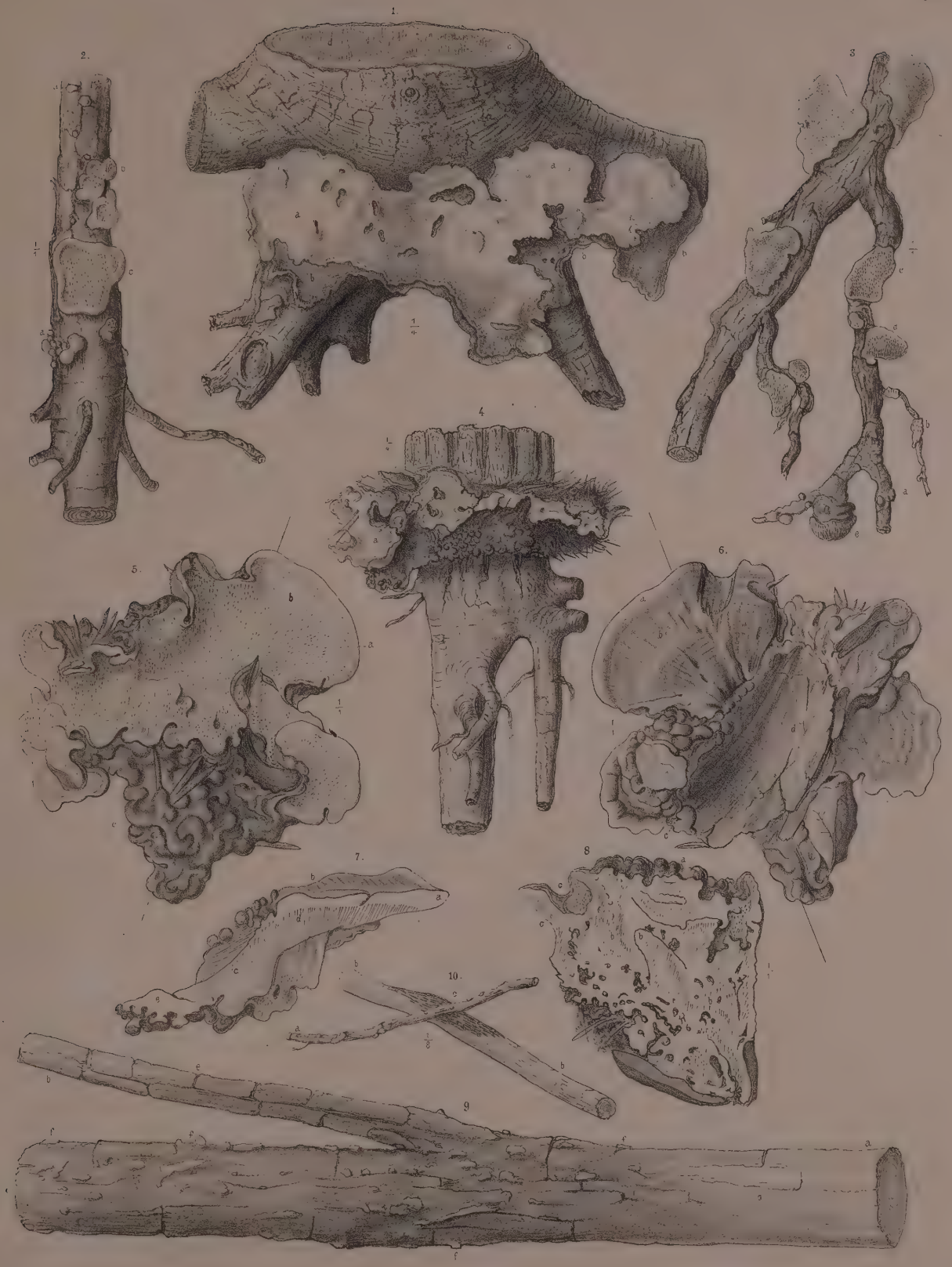
Zum Schlusse will ich noch hervorheben, dass mir bisher kein Zersetzungsprocess weder an der Eiche noch an Nadelholzbäumen bekannt geworden ist, der als unmittelbare Folge hohen Alters bezeichnet werden kann.

Berücksichtigt man die zahllosen Astbrüche und anderweiten Verwundungen, denen die Bäume ausgesetzt sind, so ist es leicht erklärlich, dass jeder Baum früher oder später einmal von einem Parasiten inficirt wird, der dann die Zerstörung des Inneren vermittelt.

Diese Processe sind nicht an ein gewisses Baumalter gebunden, da sie im einen Falle die kräftige 50jährige, im anderen Falle erst die 500jährige Eiche heimsuchen. Je älter die Bäume eines Bestandes sind, um so weniger Stämme werden sich im Laufe der Zeit von Parasiten frei erhalten haben, zumal mit der zunehmenden Zahl kranker Eichen auch die Sporenerzeugung und somit die Gefahr der Infection für die gesunden Bäume sich steigert.

Die unveränderte Beschaffenheit des Kernholzes mancher mehr als 500jähriger Eichen beweist, dass ohne Einwirkung äusserer Agentien ein Zerfallen der Zellwandsubstanz nicht eintritt.

Pierer'sche Hofbuchdruckerei. Stephan Geibel & Co. in Altenburg.

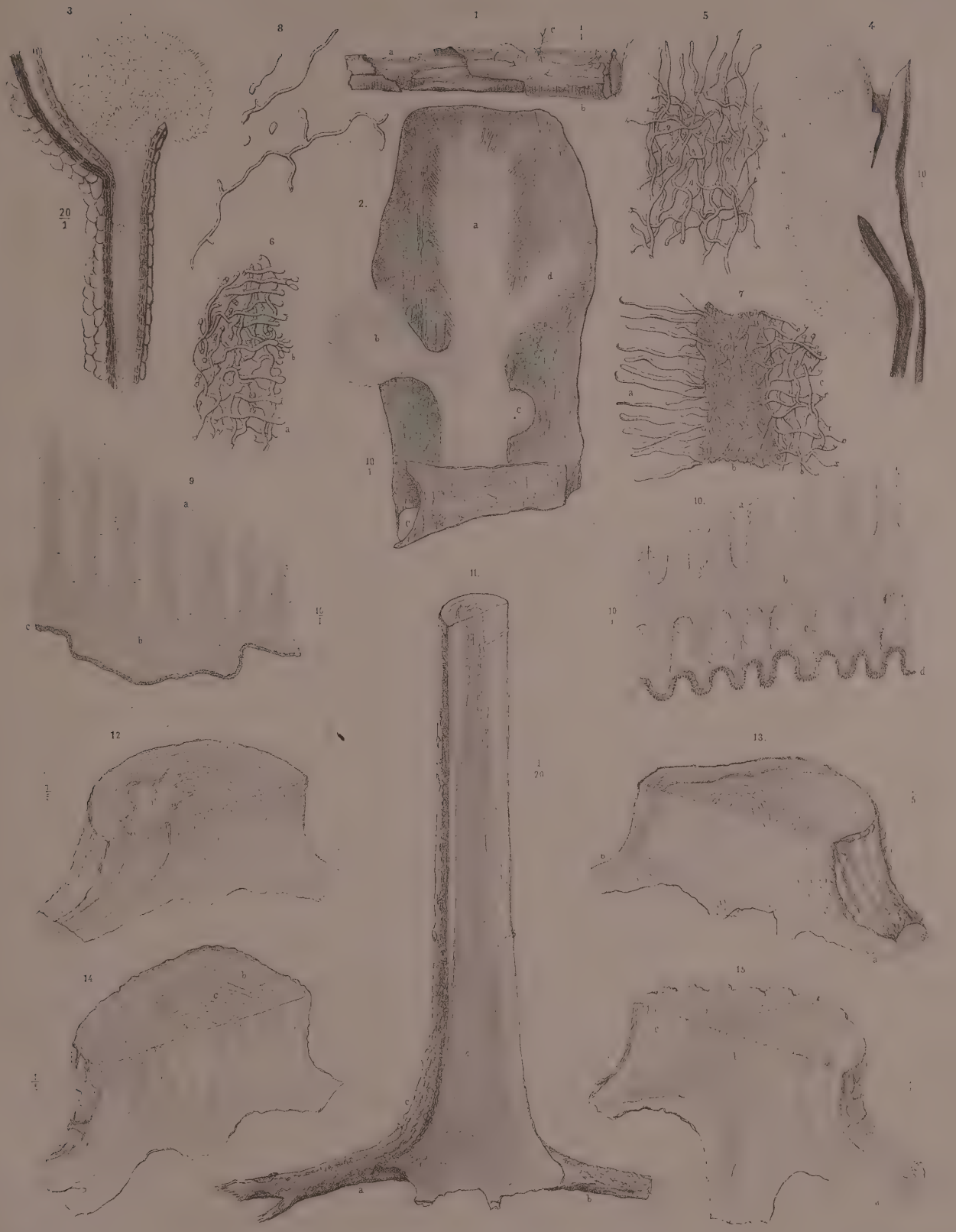


R. Hartig, ad. nat. del.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Lith. Anst. v. J.G. Bach, Leipzig.

Trametes radiciperda n.

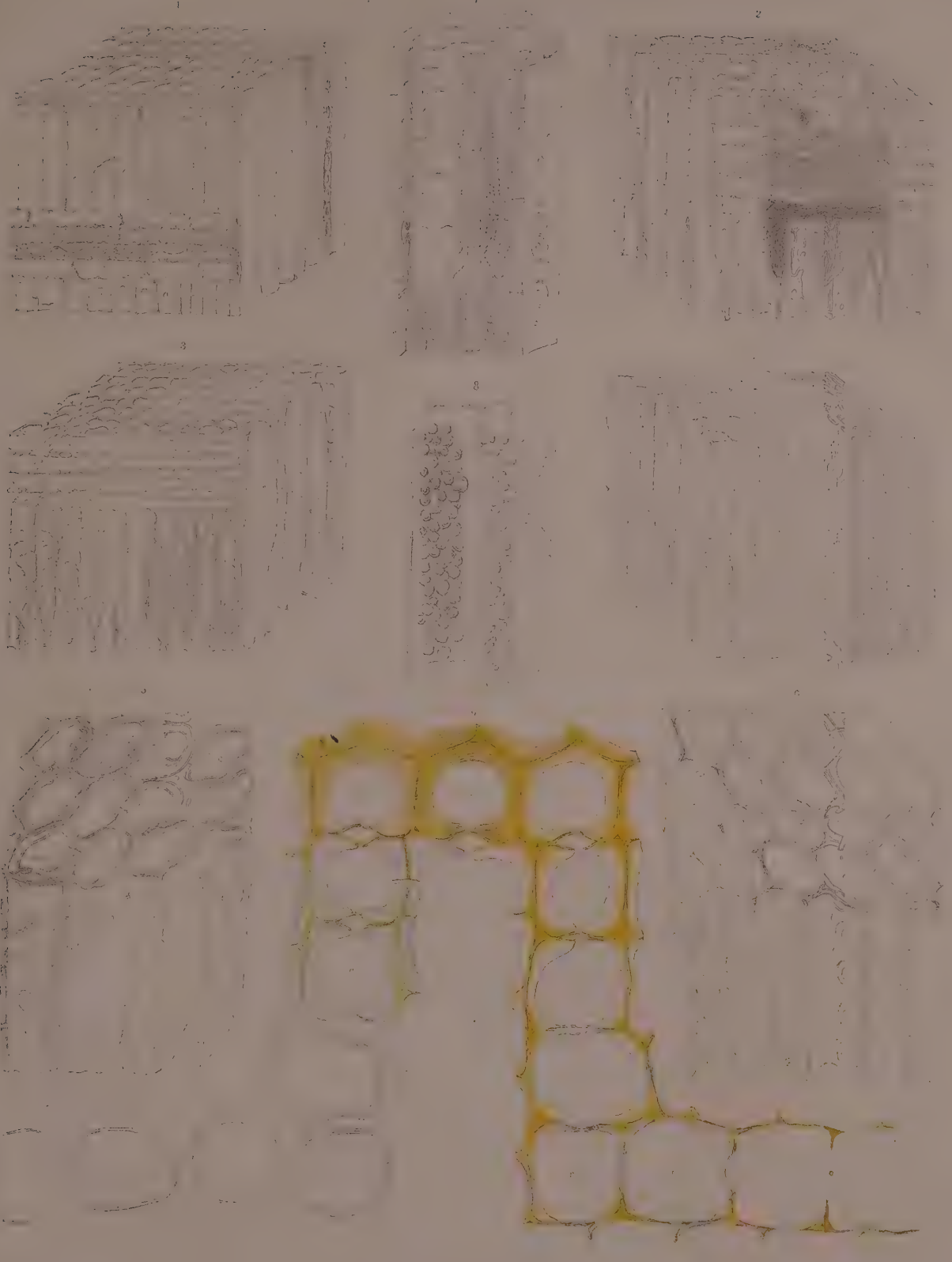


R. Hartig, ad nat. del. Verlag von Julius Springer in Berlin.

Trametes radiciperda n

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Trametes radiciperda

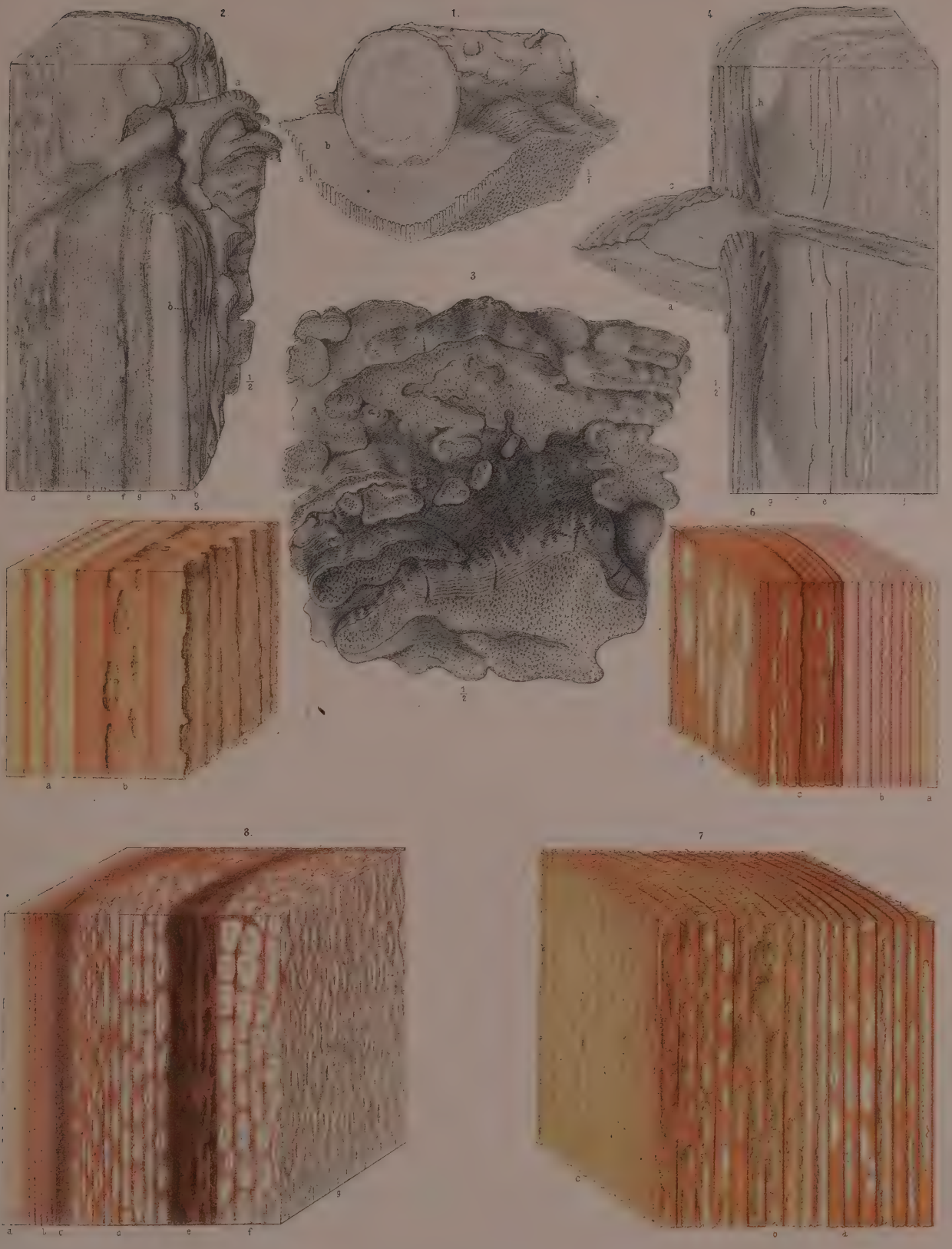


R. Hartig ad nat. del.

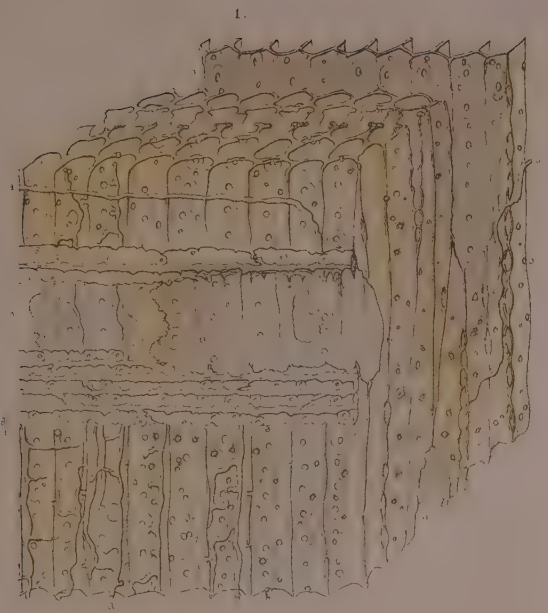
Verlag von Julius Springer in Berlin

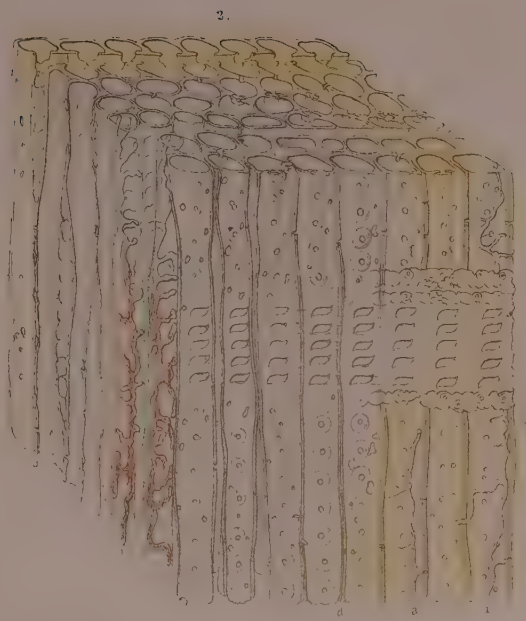
Lith. Anst. v. J. C. Bach, Leipzig.

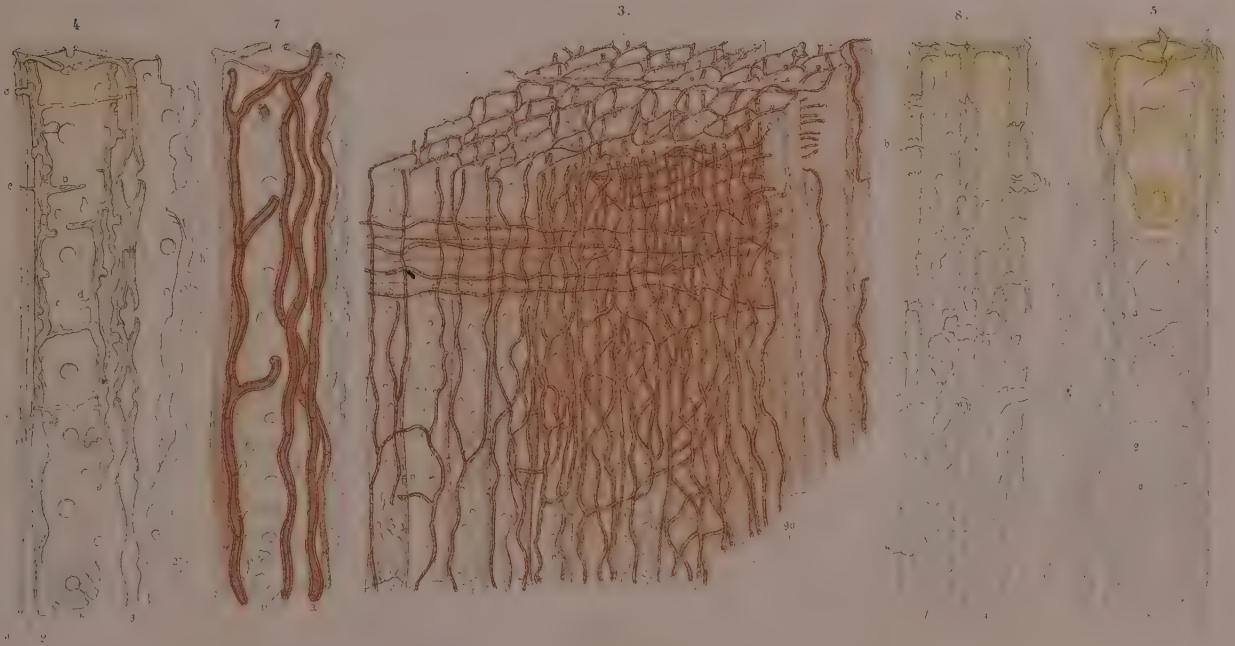
Trametes radiciperda n.

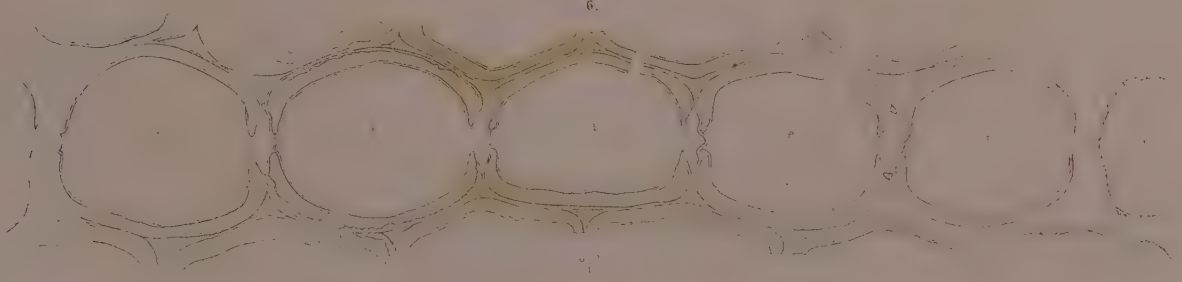


R. Hartig ad. nat. del. Verlag von Julius Springer in Berlin Lith Anst. v J C Bach, Leipzig



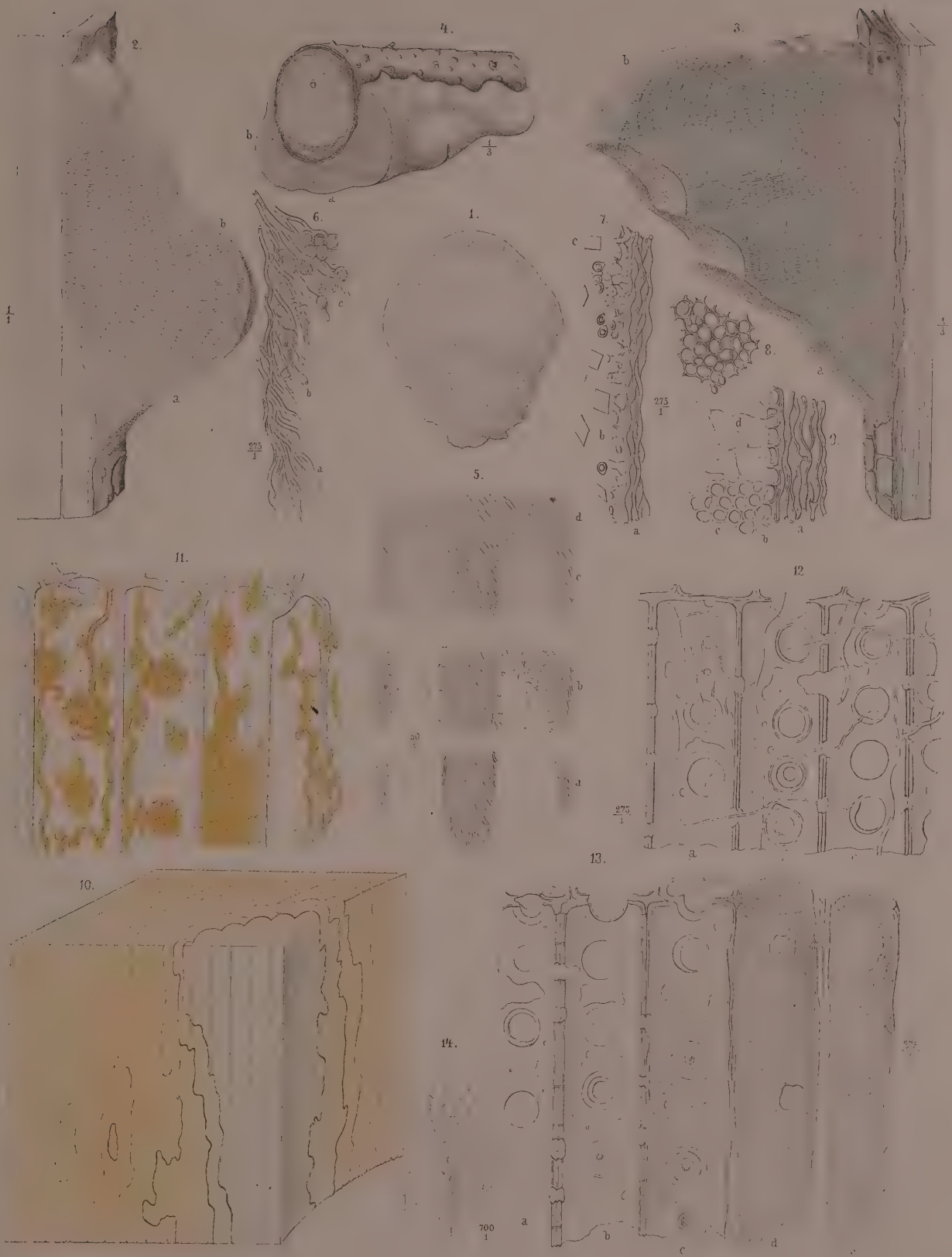






Verlag von Julius Springer in Berlin.

Trametes Pini Fr.

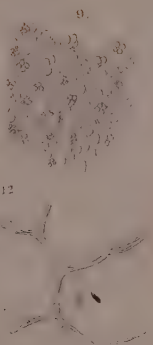


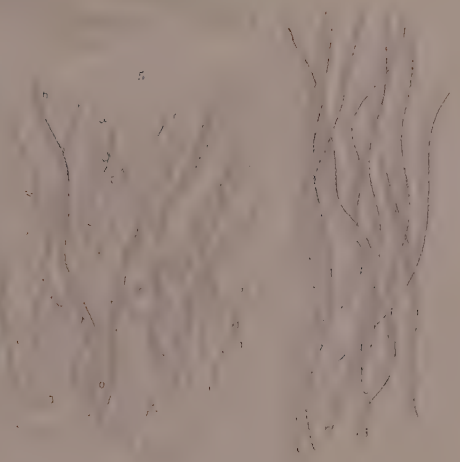
R. Hartig. del.

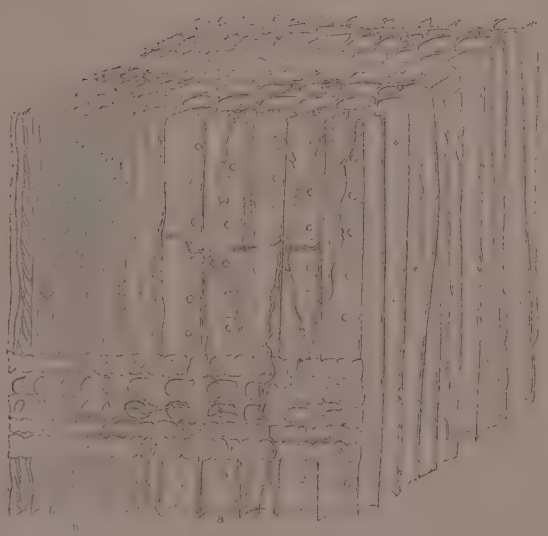
Verlag von Julius Springer in Berlin.

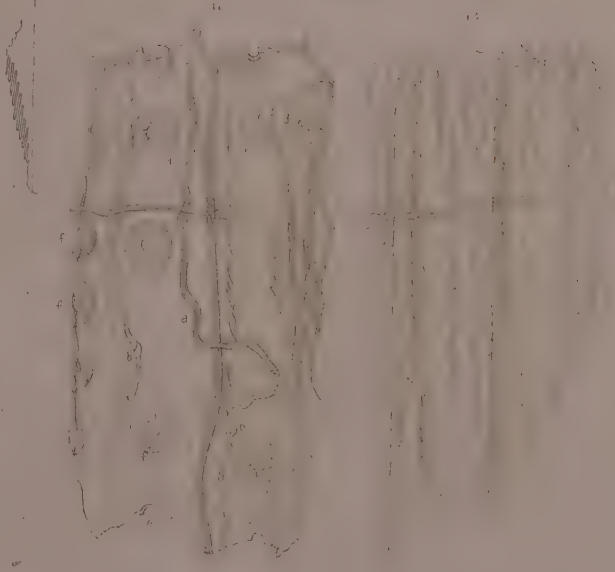
Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig

Polyporus fulvus. Scop.
Tannenweifsfäule.









R. Hartig del. Verlag von Julius Springer in Berlin. Lith. Anst. v. J. C. Bach, Leipzig.

Polyporus vaporarius. Fr.

F. Hartig del

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Lith. Anst. v. J.G. Bach, Leipzig

Polyporus mollis Fr.

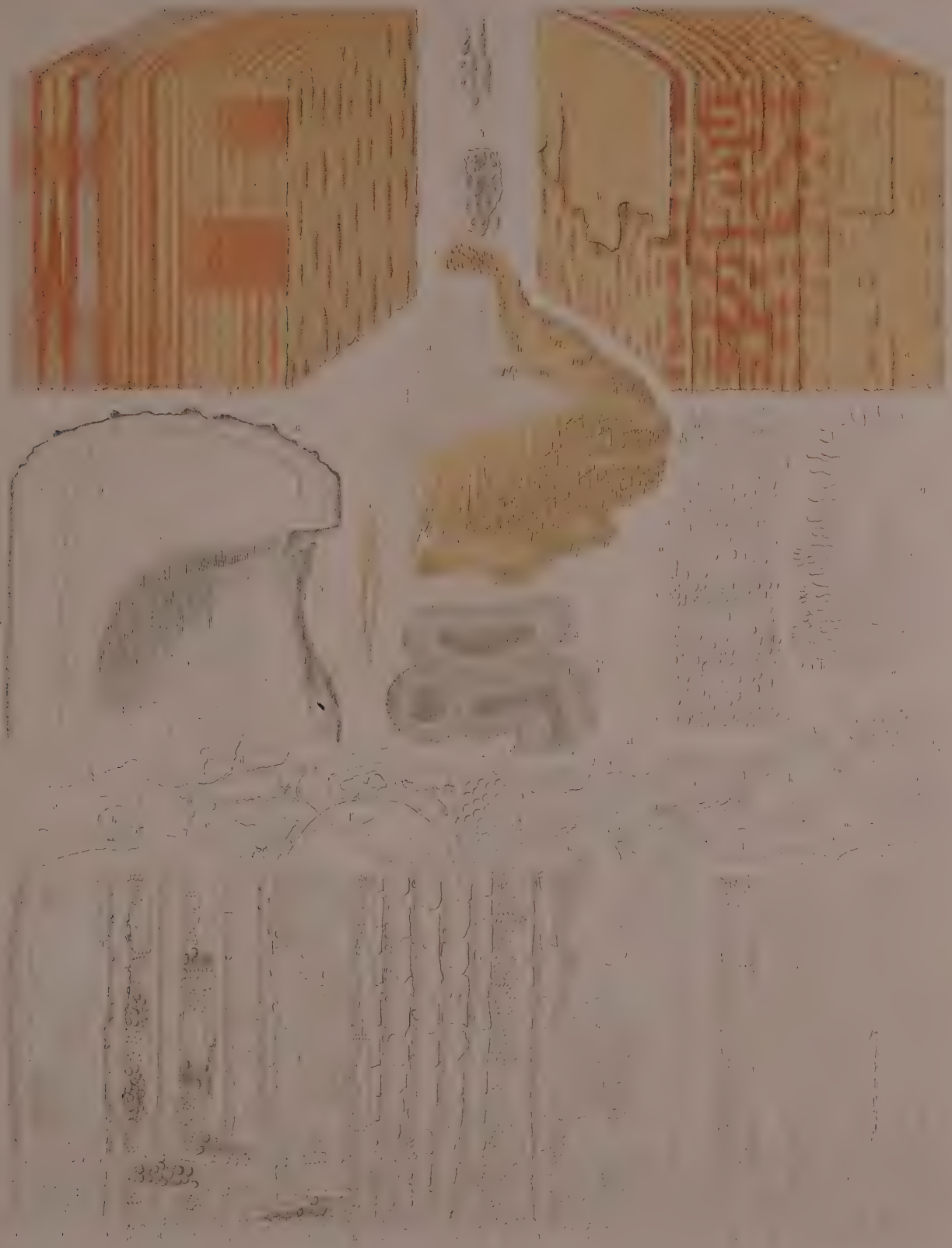
Verlag von Julius Springer in Berlin.

Lith. Anst. v. J. B. Bach, Leipzig.

Polyporus borealis Fr.

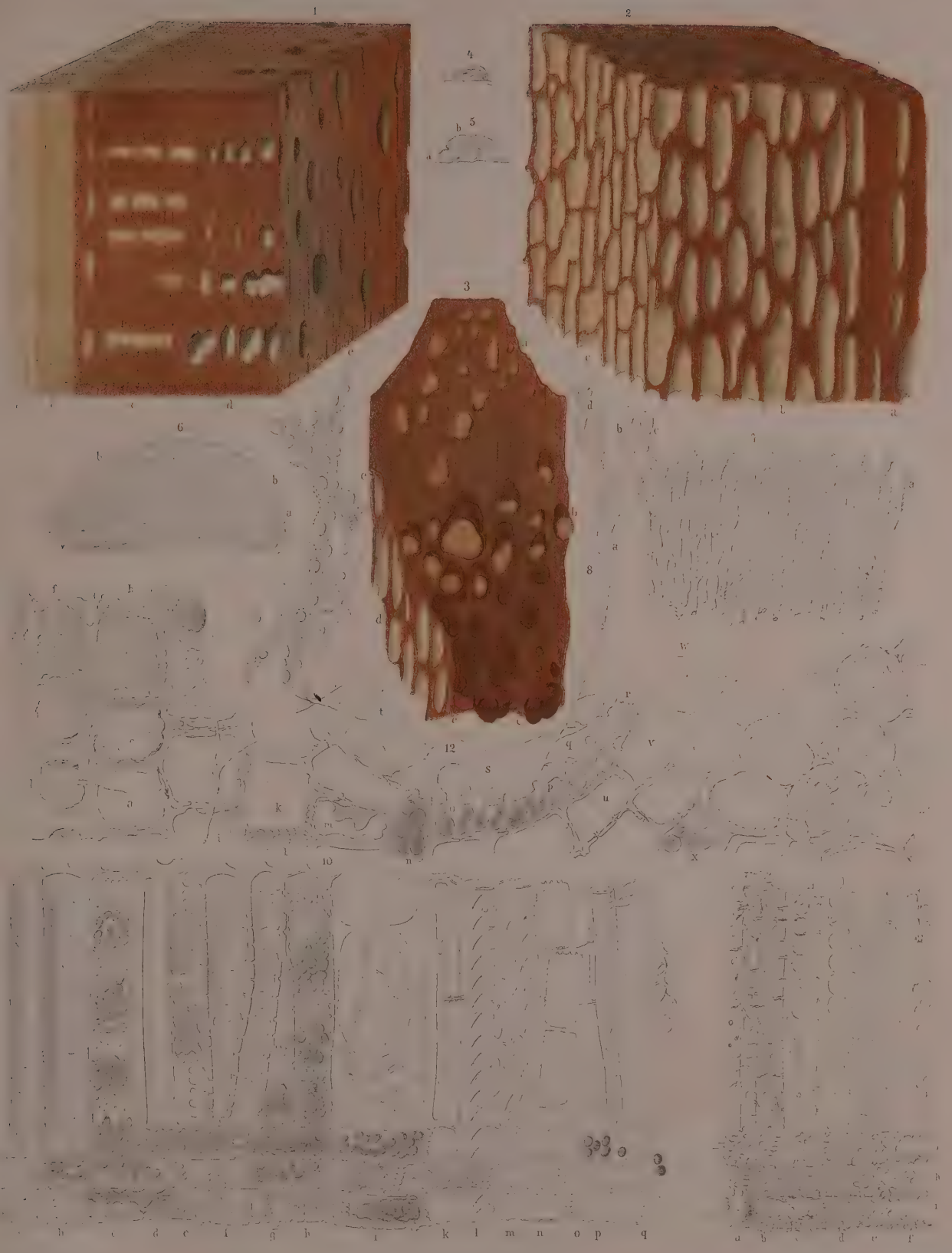
R. Hartig del. Verlag von Julius Springer in Berlin. Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig

Agaricus melleus Fig. 1–5. Wundfäule und Wurzelfäule Fig. 6–9.



Verlag von Julius Springer, in Berlin.

Hydnum diversidens Fr.



T Hartig del

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Lith Anst v J G L h Leipzig

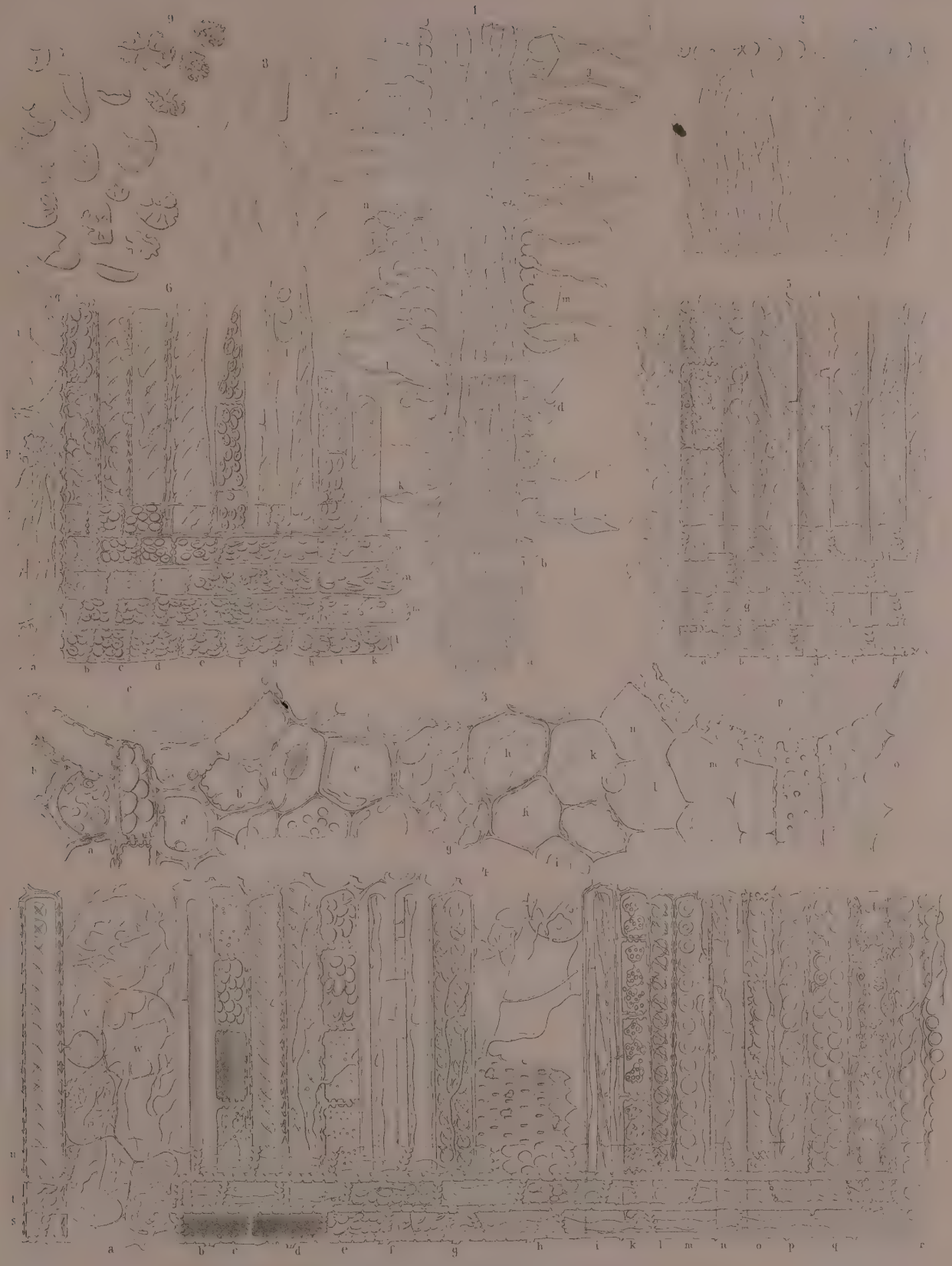
Telephora Perdix m.

Verlag von Julius Springer, in Berlin.

Polyporus sulphureus Fr.

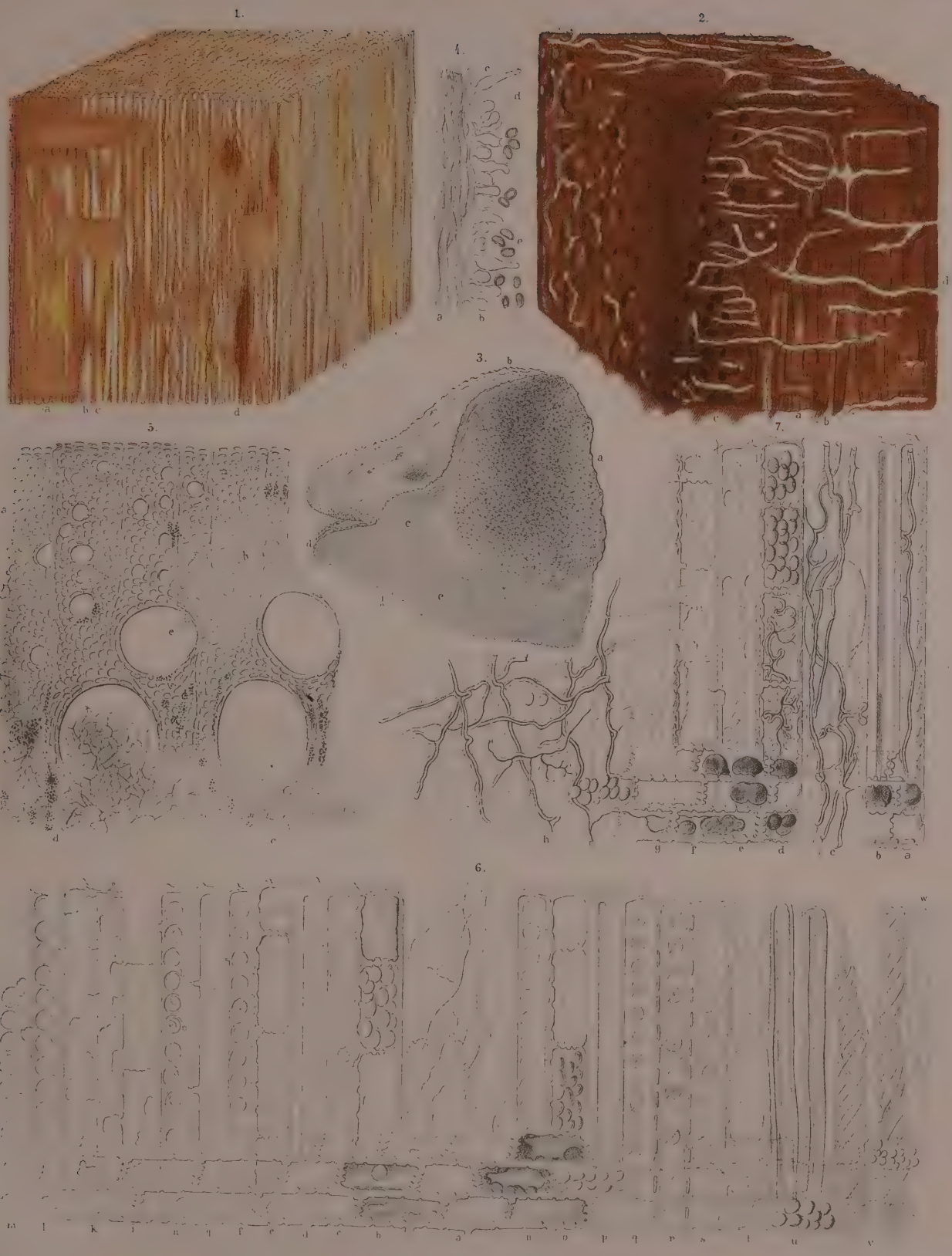
Verlag von Julius Springer in Berlin.

Polyporus igniarius Fr.



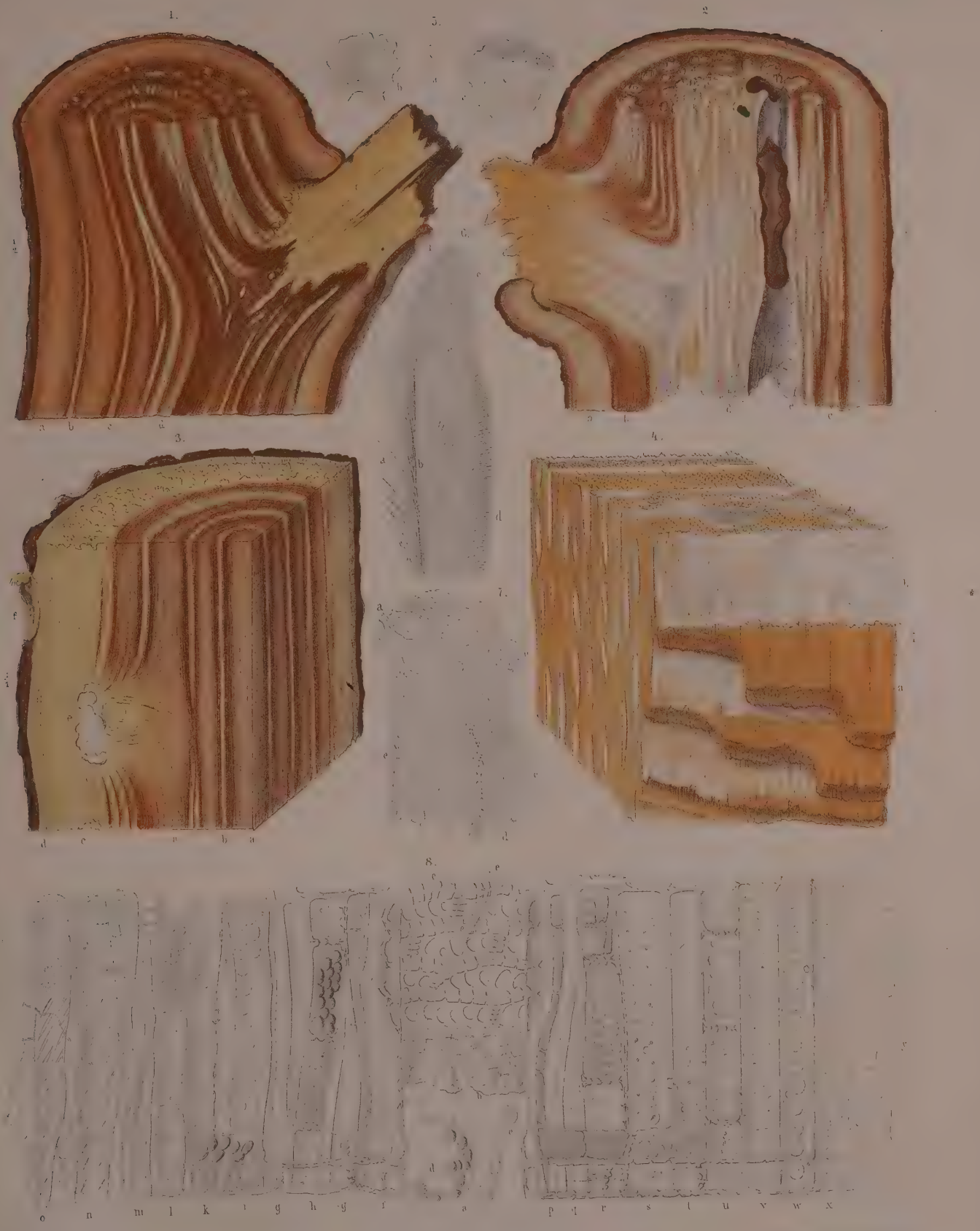
R. Hartig del. Verlag von Julius Springer in Berlin. Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leip.

Polyporus igniarius Fr.



Verlag von Julius Springer in Berlin.

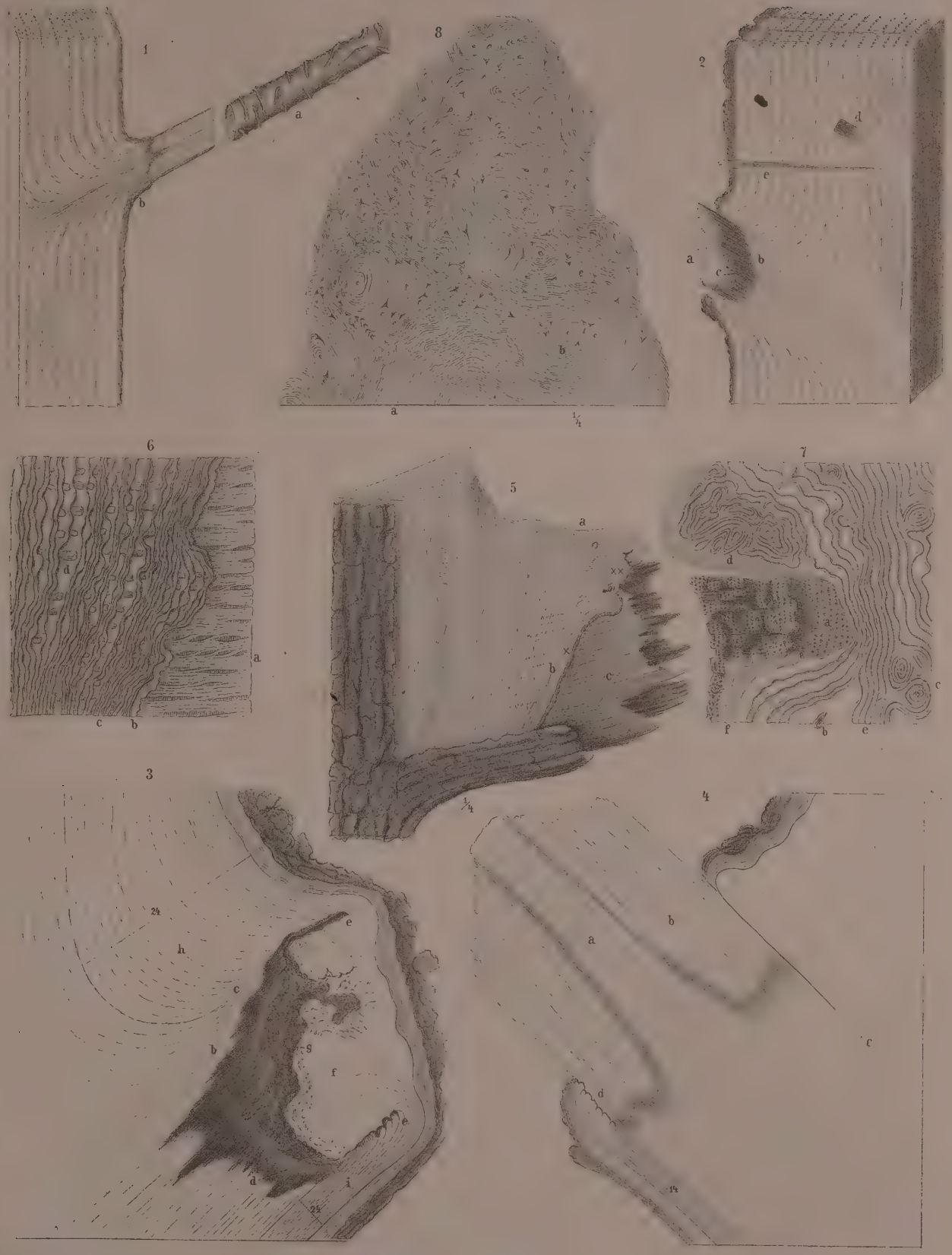
Polyporus dryadeus Fr



R. Hartig del

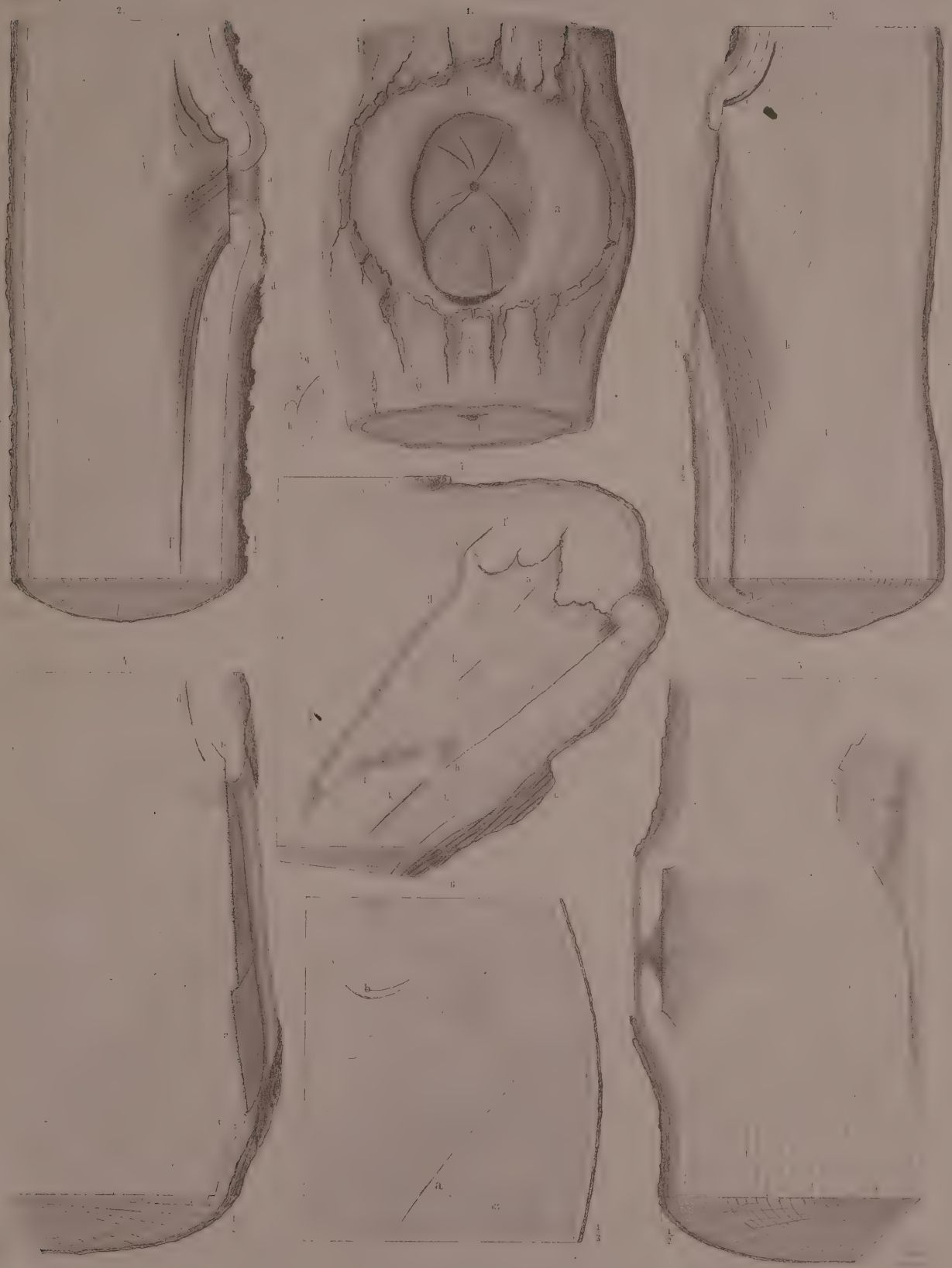
Verlag von Julius Springer in Berlin.

Stereum hirsutum Fr.



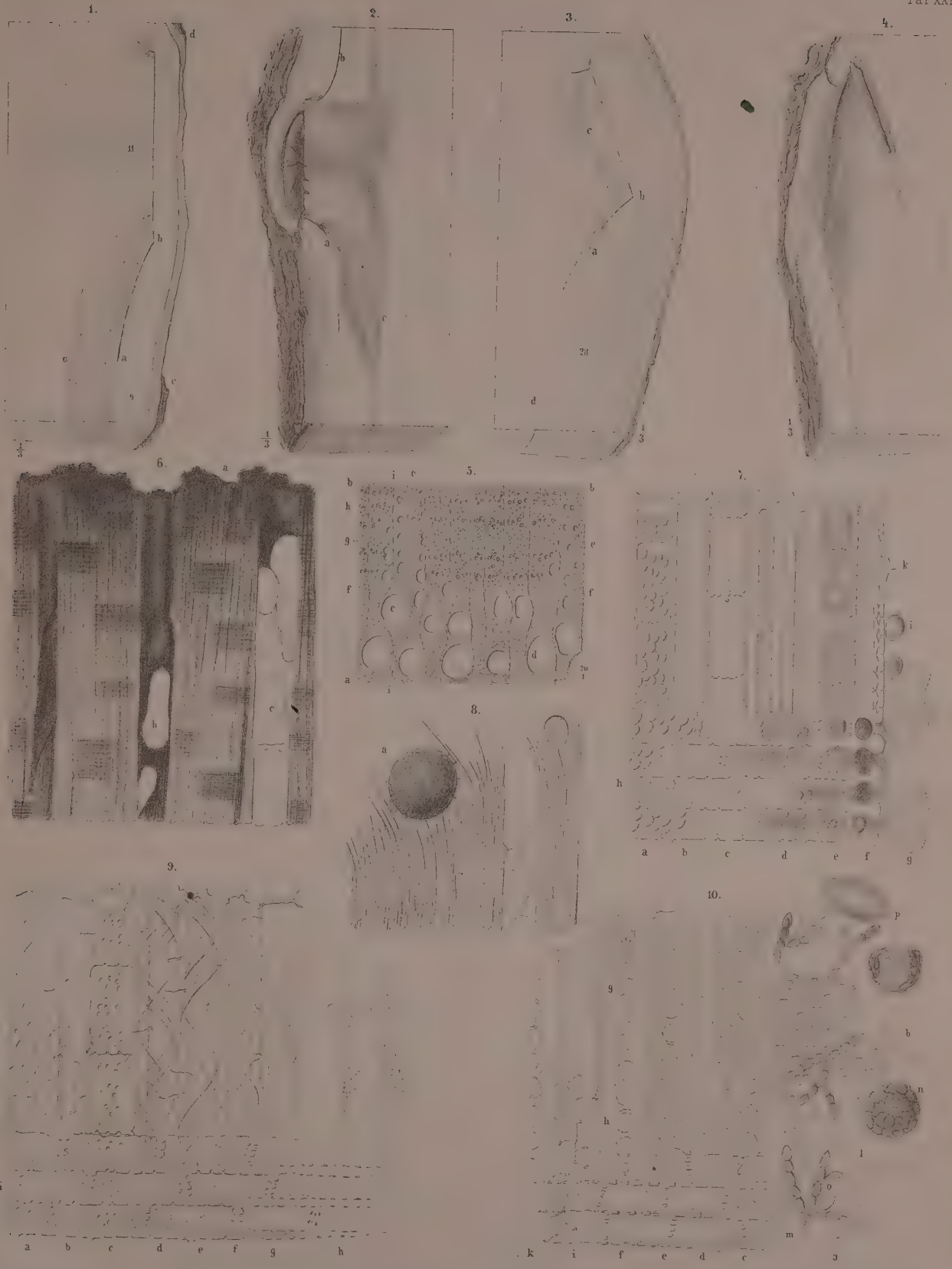
R. Hartig ad nat. del. Verlag von Julius Springer in Berlin. Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig

Zur Eichenästung.



Verlag von Julius Springer, in Berlin.

Zur Eichenästung.



R. Hartig ad nat. del.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Zur Eichenästung.

Verlagsbuchhandlung von JULIUS SPRINGER in Berlin N.,
Monbijouplatz 3.

Wichtige Krankheiten der Waldbäume.

Beiträge zur Mycologie und Phytopathologie
für
Botaniker und Forstmänner.

Von

Dr. Robert Hartig,
Professor der Botanik an der Königl. Preuss. Forstakademie zu Eberswalde und Vorstand der pflanzenphysiologischen Abtheilung des forstlichen Versuchswesens in Preussen.

Mit 160 Figuren auf 6 lithographirten Doppeltafeln.

Gr. 4. cart. Preis 12 Mark.

Das
specifische Frisch- und Trockengewicht,
der
Wassergehalt u. das Schwinden des Kiefernholzes.

Von

Dr. Robert Hartig,
Professor an der Forstakademie zu Eberswalde.

Preis 80 Pf.

Anatomie
und
Physiologie der Holzpflanzen.

Dargestellt in der
Entstehungsweise und im Entwickelungsverlaufe
der
Einzelzelle, der Zellsysteme, der Pflanzenglieder
und der
Gesammtpflanze
von

Dr. Theodor Hartig,
Herzogl. Braunschw. Oberforstrath und Professor a. D.

Mit 113 Originalfiguren in Holzschnitt und 6 lithographirten Tafeln.

Preis 20 M.

Das Werk ist das Ergebniss 50jähriger sorgfältiger Studien; in ihm hat der bejahrte Verfasser seine Erfahrungen, die werthvollen Arbeiten eines langen, vielfach vom Glück begünstigten wissenschaftlichen Lebens niedergelegt. — Die mit besonderem Fleisse und bedeutenden Kosten hergestellten Holzschnitte und Tafeln verleihen dem Buche einen hohen instructiven Werth.

Pierer'sche Hofbuchdruckerei. Stephan Geibel & Co. in Altenburg.